



MEHATRONIKA JE POKLIC PRIHODNOSTI



ROBOTIKA



Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

www.bodiprofi.si





SPLOŠNE INFORMACIJE O GRADIVU

Izobraževalni program

**TEHNIK MEHATRONIKE, TEHNIK MEHATRONIKE PTI
STROJNI TEHNIK, STROJNI TEHNIK PTI**

Ime modula

MHT, ROBOTIKA, AVR

Naslov učnih tem ali kompetenc, ki jih obravnava učno gradivo

Vrste robotov, zgradba robotskih mehanizmov, pogon robotskih mehanizmov, robotska prijemala, robotski krmilnik, kinematika robota, prostorske stopnje robota, simulacija robotske aplikacije, indirektno programiranje robota, programiranje robota, osnovni ukazi robota, varnost v robotskih sistemih, vhodno izhodne enote robotskega krmilnika ter režimi delovanja robota.

Avtorja: Andro Glamnik univ. dipl. inž., **Matej Veber** univ. dipl. inž.

Recenzent: dr. Simon Brezovnik, univ. dipl. inž.

Lektorica: Mateja Vdovič, prof.

Januar 2012

Izdajatelj: Konzorcij šolskih centrov Slovenije v okviru projekta MUNUS 2
Slovenija, Januar 2012



To delo je ponujeno pod Creative Commons - Priznanje avtorstva - Nekomercialno - Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija licenco.



PREDGOVOR

Robotika se je v zadnjih desetletjih utrdila v številnih industrijskih procesih kot nepogrešljiv del moderne, ekonomične in človeku prijazne tehnologije. Brez robotskih manipulatorjev si ne znamo več predstavljati varjenja avtomobilskih ohišij, vstavljanja obdelovancev v stiskalnice, razpršilnega barvanja in podobnih avtomatiziranih aplikacij. Ne presenečajo nas kirurški roboti ali servisni mobilni roboti, ki bodo kmalu čistili naša stanovanja. Vse večje število kvalitetnih mednarodnih robotskih strokovnih revij pa dokazuje, da postaja robotika priznana tudi kot samostojna znanost.

Gradivo Robotika je namenjeno dijakom 4. letnika SSI, program Tehnik mehatronike in dijakom 2. letnika PTI, program Tehnik mehatronike. Pokriva vsebinski del, naveden v katalogu znanja. Učbenik je sestavljen iz dveh delov, in sicer teoretičnega in praktičnega dela. V teoretičnem delu najdemo razlago delovanja robota in opisane sestavne dele robota, v praktičnem delu pa so pripravljene učne situacije, ki jih lahko uporabimo za izvedbo laboratorijskih vaj. V besedilu je veliko primerov programov in zgledov, od najenostavnejših do bolj kompleksnih. Dijake, ki bi o posamezni tematiki radi izvedeli več, avtorja vabiva, da si ogledajo tudi gradivo, ki je navedeno v literaturi. Gradivo je nastalo na osnovi številnih zapiskov avtorjev, črpala pa sva tudi že iz že objavljenih gradiv. Z uporabo napisanega gradiva bodo ure robotike bolj zanimive in s tem privlačnejše za dijake in dijakinje.

Ključne besede: Robotika, robot, robotski mehanizem, pogon robota, servomotor, servoregulator, optični enkoder, resolver, robotski krmilnik, harmonsko gonilo, simulacija robotskih aplikacij, indirektno programiranje robota, programiranje robota, gibi robota, vhodno izhodne enote robotskega krmilnika.

Key words: *Robotics, robot, robot mechanism, robot drive, servomotor, servocontroller, optical encoder, resolver, robot controller, harmonic drive, robot simulation, robot offline programming, robot programming, robot moves, input output unit of robot controller.*



KAZALO VSEBINE

1 ZGODOVINA ROBOTIKE	12
RAZLOGI ZA AVTOMATIZACIJO IN ROBOTIZACIJO	13
2 GLAVNI RAZLOGI ZA UVAJANJE ROBOTIKE	18
3 VRSTE ROBOTOV V NAŠI OKOLICI	24
4 ROBOTI V MEDICINI	35
5 ROBOT	39
6 GLAVNE LASTNOSTI ROBOTA	41
OSNOVNA ZGRADBA ROBOTA	41
KARTEZIČNA ZGRADBA ROBOTA	42
CILINDRIČNA ZGRADBA ROBOTA	43
SFERIČNA ZGRADBA ROBOTA	44
KOMBINIRANA ZGRADBA ROBOTA	45
SCARA ZGRADBA ROBOTA	46
PARALELNA ZGRADBA ROBOTA	47
MODULARNI ROBOT	48
ROBOTSKA PRIJEMALA	50
PRIJEMALA PO ŠTEVILU PRSTOV	53
7 UPORABA INDUSTRIJSKIH ROBOTOV	56
VARJENJE	56
TOČKOVNO UPOROVNO VARJENJE	57
ELEKTRIČNO VARJENJE Z ELEKTRODAMI	59
STROJNA OBDELAVA	60
PALETIZACIJA	61
RAZVOJ PALETIZACIJE	62
APLIKACIJE UPORABE ROBOTA PRI STROJNI OBDELAVI	65
RAZPRŠNO BARVANJE Z ROBOTOM	68
PROGRAMSKA TEHNIKA »UČENJE Z VODENJEM«	69
UPORABA HAPTIČNIH NAPRAV V ROBOTIKI	71
8 POGON IN TRANSMISIJA INDUSTRIJSKEGA ROBOTA	76
VODENJE SERVOMOTORJA S PULZNOŠIRINSKO MODULACIJO (PŠM, PWM)	83
MERJENJE POLOŽAJA, HITROSTI IN TOKA	87
RESOLVERJI	91
HARMONSKO GONILO	94
REGULACIJA POGONA ROBOTA	96
9 TIPI SEGMENTOV IN SKLEPOV	101
PROSTOSTNE STOPNJE	102
PRIMER ZA TRI PROSTOSTNE STOPNJE	103
PRIMER ZA PET PROSTOSTNIH STOPENJ	105
NEREDUNDANTEN IN REDUNDANTEN ROBOT	106
ZUNANJE IN NOTRANJE KOORDINATE ROBOTA	106
DELOVNI IN PRIROČNI DELOVNI PROSTOR ROBOTA	109
PRIMERI PREDSTAVITVE DELOVNEGA PROSTORA ROBOTA	111
10 ROBOTSKA GIBANJA	113

11	ROBOTSKA PRIJEMALA	120
	UPORABA ROBOTSkih PRIJEMAL	121
	OBLIKE ROBOTSkih PRIJEMAL	122
12	STROJNI VID	123
13	VARNOST V ROBOTSkih APLIKACIJAH	127
	NEVARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI	128
	ZAhteVE IN ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI	130
	ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI NA NIVOJU STROJNE OPREME	132
	VARNOSTNA KLJUČAVNICA Z ZAKLEPANJEM	135
	RAZPOZNAVA Z LASERJEM	136
	VARNOSTNI SCANNER SICK	137
	OSTALI VARNOSTNI MODULI V AVTOMATIZIRANIH SISTEMIH	146
	IZBIRA KATEGORIJE VARNOSTI	149
	DOLOČITEV KATEGORIJE VARNOSTI	155
	VARNOSTNI MODUL – IZKLOP V SILI	156
	VARNOSTNI MODUL – DVOROČNI VKLOP	158
14	PROGRAMIRANJE INDUSTRIJSkih ROBOTOV	161
	NAČINI UČENJA ROBOTA	162
	INDIREKTNO PROGRAMIRANJE	165
	PROGRAMI ZA INDIREKTNO PROGRAMIRANJE ROBOTOV	167
15	PROGRAMIRANJE ROBOTOV	177
	ON-LINE PROGRAMIRANJE	177
	OFF-LINE PROGRAMIRANJE	178
	KRL	179
	VHODI IN IZHODI	180
	ZANKE	181
	SPREMENLJIVKE	184
	TIMERJI	185
	ZAKASNITVE	185
16	PROGRAMSKI JEZIKI	187
	UMETNA INTELIGENCA V ROBOTIKI	188
17	PRAKTIČNA ROBOTIKA	192
	UČNE SITUACIJE	194
	KUKA SIM PRO	195
	UČNA SITUACIJA 1 – SIMULACIJA ROBOTSKE APLIKACIJE	201
	KUKA OFFICE LITE	202
	UČNA SITUACIJA 2 – OFF-LINE PROGRAMIRANJE ROBOTA	203
	UČNA SITUACIJA 3 – SPOZNAVANJE UČNE ENOTE ROBOTA	203
	UČNA SITUACIJA 4 – PROGRAMIRANJE OSNOVNIH GIBOV	203
	UČNA SITUACIJA 5 – SPREMENBA HITROSTI GIBANJA	203
	UČNA SITUACIJA 6 - VHODNE ENOTE ROBOTSKEGA KRMILNIKA	203
	UČNA SITUACIJA 7 – IZHODNE ENOTE ROBOTSKEGA KRMILNIKA	203
	UČNA SITUACIJA 8 – MENJAVA ORODJA ROBOTA	203
	UČNA SITUACIJA 9 – KOMBINACIJA VHODNO/IZHODNIH ENOT	203



KAZALO SLIK

SLIKA 1.1: PRVI MODERNI ROBOT UNIMATE IZ LETA 1961	12
SLIKA 1.2: ŠTEVILO PRODANIH ROBOTOV V SVETU	14
SLIKA 1.3: PRIKAZ UPORABE ROBOTOV V POSAMEZNIH INDUSTRIJSKIH SEGMENTIH	14
SLIKA 1.4: CENE INDUSTRIJSKIH ROBOTOV	15
SLIKA 1.5: STATISTIČNI PODATKI O INTEGRIRANIH ROBOTIH PO SVETU	15
SLIKA 1.6: ŠTEVILO ROBOTOV V POSAMEZNIH KONTINENTIH	16
SLIKA 1.7: ŠTEVILO ROBOTOV V POSAMEZNIH DRŽAVAH NA 10.000 ZAPOSLENIH	16
SLIKA 2.1: VZROKI ZA UVAJANJE ROBOTIZACIJE	19
SLIKA 3.1: INDUSTRIJSKI ROBOT	24
SLIKA 3.2: MOBILNI ROBOT	25
SLIKA 3.3: AVTONOMNI AVTOMATIZIRANI VOZIČEK ZA PREVOZ MATERIALA	25
SLIKA 3.4: ROBOTSKE SESALNICE	26
SLIKA 3.5: ROBOTSKE KOSILNICE	26
SLIKA 3.6: HUMANOIDNI ROBOT	27
SLIKA 3.7: ROBOT VARNOSTNIK	28
SLIKA 3.8: ROBOTSKE PSE	28
SLIKA 3.9: MEDICINSKI KIRURŠKI ROBOT	29
SLIKA 3.10: MEDICINSKI NANOROBOT	29
SLIKA 3.11: BIONIČNA NOGA	30
SLIKA 3.12: ROBOTSKE PRIPOMOČKE ZA HOJO	30
SLIKA 3.13: ROBOTSKE ROKA NA INVALIDSKEM VOZIČKU	31
SLIKA 3.14: ŽUŽKOBOT	31
SLIKA 3.15: VOJAŠKI ROBOT	32
SLIKA 3.16: MOLZNI ROBOT	32
SLIKA 3.17: ROBOT ZA POLNJENJE REZERVOARJA GORIVA	33
SLIKA 4.1: ROBOT DA VINCI V SPLOŠNI BOLNIŠNICI CELJE	36
SLIKA 4.2: OPERIRANJE Z ROBOTOM DA VINCI	37
SLIKA 4.3: OPERACIJA Z ROBOTOM DA VINCI	38
SLIKA 4.4: MEDICINSKI ROBOT DA VINCI	38
SLIKA 5.1: ZGRADBA ROBOTSKEGA SISTEMA	39
SLIKA 6.1: KONSTRUKCIJA KARTEZIČNEGA ROBOTA	42
SLIKA 6.2: DELOVNI PROSTOR KARTEZIČNEGA ROBOTA	42
SLIKA 6.3: PRIMER KARTEZIČNEGA ROBOTA	42
SLIKA 6.4: KONSTRUKCIJA CILINDRIČNEGA ROBOTA	43
SLIKA 6.5: DELOVNI PROSTOR CILINDRIČNEGA ROBOTA	43
SLIKA 6.6: PRIMER CILINDRIČNEGA ROBOTA	43
SLIKA 6.7: KONSTRUKCIJA SFERIČNEGA ROBOTA	44
SLIKA 6.8: DELOVNI PROSTOR SFERIČNEGA ROBOTA	44
SLIKA 6.9: PRIMER SFERIČNEGA ROBOTA	44
SLIKA 6.10: KONSTRUKCIJA KOMBINIRANEGA ROBOTA	45
SLIKA 6.11: DELOVNI PROSTOR KOMBINIRANEGA ROBOTA	45
SLIKA 6.12: PRIMER KOMBINIRANEGA ROBOTA	45
SLIKA 6.13: KONSTRUKCIJA SCARA ROBOTA	46
SLIKA 6.14: DELOVNI PROSTOR SCARA ROBOTA	46
SLIKA 6.15: PRIMER SCARA ROBOTA	46
SLIKA 6.16: KONSTRUKCIJA PARALELNEGA ROBOTA	47
SLIKA 6.17: DELOVNI PROSTOR PARALELNEGA ROBOTA	47
SLIKA 6.18: PRIMER PARALELNEGA ROBOTA	47
SLIKA 6.19: VRSTE SKLEPOV MODULARNIH ROBOTOV	48

SLIKA 6.20: ELEMENTI MODULARNIH ROBOTOV	48
SLIKA 6.21: PRIMER MODULARNEGA ROBOTA - PARALELNI MANIPULATOR	49
SLIKA 6.22: PRIMER MODULARNEGA ROBOTA - PLANARNI MODULARNI ROBOT	49
SLIKA 6.4: RAZLIČNE IZVEDBE PRIJEMAL Z ELEKTROMEHANSKIM POGONOM	51
SLIKA 6.5: VZPOREDNA PRIJEMALA	51
SLIKA 6.6: KOTNA PRIJEMALA	52
SLIKA 6.7: KOTNO PRIJEMALO S POLNIM ODPIRANJEM	52
SLIKA 6.8: DELITEV PRIJEMAL GLEDE NA ŠTEVILO PRSTOV	53
SLIKA 6.9: PRIJEMALA PO VELIKOSTI SILE OZ. HODA	54
SLIKA 7.1: VARILNI ROBOT	56
SLIKA 7.2: PRINCIP TOČKOVNEGA VARJENJA	58
SLIKA 7.3: KLEŠČNA IN C-VARILNA VARILNA PIŠTOLA	58
SLIKA 7.4: VARJENJE Z ROBOTOM OB KLEŠČNI VARILNI POSTAJI	58
SLIKA 7.5: AVTOMATIZIRANO ZLAGANJE VREČ NA PALETE V JUB-U (PAKMAN)	61
SLIKA 7.6: PALETIZACIJA IN DEPALETIZACIJA SODČKOV	63
SLIKA 7.7: DVOROČNI ROBOT ZA SESTAVLJANJE	64
SLIKA 7.8: VRTANJE Z ROBOTOM	65
SLIKA 7.8: ROBOTSKO REZKANJE	66
SLIKA 7.9: FINIŠIRANJE IN POLIRANJE	66
SLIKA 7.10: ROBOT Z LASERSKIM ORODJEM	66
SLIKA 7.11: ROBOTSKO BRUŠENJE	67
SLIKA 7.12: KOREKCIJA POTI OB UPORABI SENZORJA SILE ALI BREZ NJEGA	67
SLIKA 7.13: V REALNEM OKOLJU INDUSTRIJSKI ROBOTI BARVAJO IZDELKE	68
SLIKA 7.14: UČENJE Z VODENJEM PRI UPORABI KLJUKE	69
SLIKA 7.15: UČENJE Z VODENJEM PRI UPORABI UČNE ROKE	70
SLIKA 7.16: PRIKAZ APLIKACIJE	73
SLIKA 7.17: PRIKAZ UPORABE HAPTIČNE NAPRAVE V ZDRAVSTVU	74
SLIKA 8.1: PRINCIPALNA SHEMA VODENJA ROBOTA	76
SLIKA 8.2: ODPRTA KINEMATIČNA VERIGA ROBOTA	77
SLIKA 8.2: KINEMATIKA ROBOTSKE ROKE	77
SLIKA 8.2: SERVOPOGON (REGULATOR+OJAČEVALNIK)	79
SLIKA 8.3: SERVOMOTOR	79
SLIKA 8.4: ELEKTRIČNA SHEMA SERVOREGULATORJA	80
SLIKA 8.5: KRMILNA OMARA ROBOTA	81
SLIKA 8.6 : SERVOREGULATOR POGONA ROBOTA	81
SLIKA 8.7: PULZNOŠIRINSKI MODULATOR (PŠM)	83
SLIKA 8.8: SIGNALI NA PŠM	84
SLIKA 8.9: ENOFAZNI TRANZISTORSKI RAZSMERNIK	85
SLIKA 8.10: BLOKOVNA SHEMA PŠM	86
SLIKA 8.11: ČASOVNI POTEKI PROŽENJA TRANZISTORJEV V ENOFAZNEM TRANZISTORSKEM RAZSMERNIKU	86
SLIKA 8.12: SISTEM OPTIČNE MERITVE POLOŽAJA	87
SLIKA 8.13 : PRINCIPALNA ZGRADBA OPTIČNEGA INKREMENTALNEGA DAJALNIKA STANJA	88
SLIKA 8.14: DISK Z RESICAMI IN IZHODNI ELEKTRIČNI SIGNALI	88
SLIKA 8.15: ZGRADBA OPTIČNEGA ENKODERJA	89
SLIKA 8.16: OPTIČNI ENKODER	89
SLIKA 8.17: ABSOLUTNI DAJALNIK POLOŽAJA	89
SLIKA 8.18: KODIRANJE Z BINARNO KODO	90
SLIKA 8.19: KODIRANJE Z GRAYEVO KODO	90
SLIKA 8.20: ZGRADBA RESOLVERJA	91
SLIKA 8.21: PRETVORBA RESOLVERSKIH STATORSKIH NAPETOSTI V DIGITALNO VREDNOST	92
SLIKA 8.22: POGON ROBOTA Z MERILNIKOM POLOŽAJA	93
SLIKA 8.23: BATERIJE V NAMEN OHRANITVE POLOŽAJA	93
V PRIMERU IZPADA ELEKTRIČNE ENERGIJE	93

SLIKA 8.24: HARMONSKO GONILO	94
SLIKA 8.25: RAZSTAVLJENO HARMONSKO GONILO	94
SLIKA 8.26: SERVOPOGON ROBOTA S HARMONSKIM GONILOM	95
SLIKA 8.27: SERVOPOGON ROBOTA Z ZOBATIM JERMENOM	95
SLIKA 8.28: REGULACIJA AVTOMATIZIRANEGA SISTEMA	96
SLIKA 8.29: REGULACIJA POGONA ROBOTA	98
SLIKA 9.1: ROTACIJSKI SKLEPI	101
SLIKA 9.2: ROTACIJSKI IN TRANSLACIJSKI SKLEP	101
SLIKA 9.3: KVADER NA POVRŠINI	103
SLIKA 9.4: VALJ NA POVRŠINI	104
SLIKA 9.5: KROGLA NA POVRŠINI	105
SLIKA 9.6: RAZLIČNI KOORDINATNI SISTEMI ROBOTSKE CELICE	107
SLIKA 9.7: TLORIS IN STRANSKI POGLED DELOVNEGA PROSTORA	109
SLIKA 9.8: DELOVNI PROSTOR SCARA ROBOTA S TREMI ROTACIJSKIMI IN ENIM TRANSLACIJSKIM SKLEPOM	111
SLIKA 9.9: DELOVNI PROSTOR ROBOTA S ŠESTIMI ROTACIJSKIMI SKLEPI	111
SLIKA 10.1: VRSTE GIBANJ ROBOTA	113
SLIKA 10.2: PTP- GIBANJE VRHA ORODJA ROBOTA	113
SLIKA 10.3: TRAPEZNI PROFIL HITROSTI PRI PTP-GIBU ROBOTA	114
SLIKA 10.4: PROGRAMIRANJE PTP-GIBA	114
SLIKA 10.5: LIN-GIBANJE VRHA ORODJA ROBOTA	115
SLIKA 10.6: TRAPEZNI PROFIL HITROSTI PRI LIN-GIBU ROBOTA	115
SLIKA 10.7: PROGRAMIRANJE LIN-GIBA	116
SLIKA 10.8: CIRC-GIBANJE VRHA ORODJA ROBOTA	117
SLIKA 10.9: POTEK PROGRAMIRANJA KROŽNEGA GIBANJA ROBOTA	117
SLIKA 10.10: TRAPEZNI PROFIL HITROSTI PRI CIRC-GIBU ROBOTA	118
SLIKA 10.11: PROGRAMIRANJE CIRC-GIBA	118
SLIKA 11.1: ROBOTSKA ROKA	120
SLIKA 11.2: POTEK IZVAJANJA NALOGE PRIJEMALA	121
SLIKA 11.3: PRIJEMALA	122
SLIKA 12.1: OSNOVNI SISTEM STROJNEGA VIDA	123
SLIKA 12.2: INDUSTRIJSKE KAMERE	123
SLIKA 12.3: PRIMER ROBOTSKEGA STROJNEGA VIDA 1	124
SLIKA 12.4: PRIMER ROBOTSKEGA VIDA 2	125
SLIKA 12.5: NASTAVITEV PARAMETROV STROJNEGA VIDA - NA SLIKI MERITEV PRISOTNOSTI MALIH LUKENJ	125
SLIKA 13.1: NEVARNOST STISKA PRI DELU Z ROBOTO	128
SLIKA 13.2: NEVARNOST STISNENJA	129
SLIKA 13.3: PRIKAZ PRIMEROV PRVEGA NIVOJA VAROVANJA OB VSTOPU V ROBOTSKO CELICO	133
SLIKA 13.4: VARNOSTNA KLJUČAVNICA	135
SLIKA 13.5: OSCILIRAJOČE ZRCALO IN ROTIRAJOČE POLIGONALNO ZRCALO	136
SLIKA 11.6: VARNOSTNI SKENER	138
SLIKA 13.7: DELOVANJE OPTIČNEGA SENZORJA	139
SLIKA 13.8: PRIKAZ VAROVANJA	139
SLIKA 13.9: ZAZNAVANJE PRISOTNOSTI DELAVCA	141
SLIKA 13.10: VAROVANJE DOSTOPNEGA MESTA DO ROBOTA	142
SLIKA 13.11: VAROVANJE DVEH NEODVISNIH ROBOTSkih CELIC	142
SLIKA 13.13: VAROVANJE AVTOMATSKEGA VOZILA V OBEH SMEREH VOŽNJE	143
SLIKA 13.14: VAROVANJE AVTOMATSKEGA VOZILA V VOŽNJI NARAVNOST IN V OVINEK	143
SLIKA 13.15: VAROVANJE AVTOMATSKEGA VOZILA Z URAVNAVANJEM HITROSTI	144
SLIKA 13.16: VAROVANJE VOZILA Z VEČ OBMOČJI V OBEH SMEREH VOŽNJE	144
SLIKA 13.17: VAROVANJE AVTOMATSKEGA VOZIČKA Z MERJENJEM ŽARKOV ZA POZICIONIRANJE VOZIČKA	145
SLIKA 13.18: VAROVANJE TEKOČEGA TRAKU PRI MANIPULIRANJU IZDELKOV V ROBOTSKO CELICO	145
SLIKA 13.19: PONAVLJAJOČ PROCES KONSTRUIRANJA VARNOSTNIH MODULOV NADZORNEGA SISTEMA	148
SLIKA 13.20: MOŽNA IZBIRA KATEGORIJ	151

SLIKA 13.21: FUNKCIJSKI DIAGRAM VARNOSTNEGA MODULA ZA DVOROČNI VKLOP P2HZ5	159
SLIKA 14.1: UČENJE Z VODENJEM PRI UPORABI KLJUKE	164
SLIKA 14.2: UČENJE Z VODENJEM PRI UPORABI LAHKE UČNE ROKE	165
SLIKA 14.3: INDIRECTNO PROGRAMIRANJE ROBOTOV	166
SLIKA 14.4: PROGRAMIRANJE V OKOLJU ROBOWORKS	167
SLIKA 14.5: DELOVNO OKOLJE FAMOS ROBOTIC	168
SLIKA 14.6: DELOVNO OKOLJE WORKSPACE	168
SLIKA 14.7: DELOVNO OKOLJE MOTOMON MOTOSIM	169
SLIKA 14.8: DELOVNO OKOLJE ROBOT STUDIO	169
SLIKA 14.5: SIMULACIJA V PROGRAMU WINROBSIM	171
SLIKA 14.6: VMESNIK V PROGRAMU WINROBSIM	171
SLIKA 14.7: GEOMETRIJSKI MODEL ROBOTA KUKA	173
SLIKA 14.8: NAMESTITEV LCD-ZASLONA	174
SLIKA 14.9: ABECEDA GLUHIH	174
SLIKA 14.10: 3D STUDIO MAX PROGRAM	175
SLIKA 15.1: UČNA ENOTA (TEACH PENDANT)	178
SLIKA 15.2: IZRIS ROBOTSKE CELICE	179
SLIKA 16.1: RAZDELITEV ROBOTSКИH JEZIKOV	187
SLIKA 17.1: ROBOTSКО KRMILJE	192
SLIKA 17.2: ROBOTSКИ KRMILNIK	193



PREDSTAVITEV CILJEV UČNE ENOTE

Dijaki in uporabniki bodo v okviru gradiva Robotika dosegli sledeče informativne cilje učne enote:

- ✓ pozna in opiše osnovne strukture robotskih mehanizmov (robotske roke, robotska zapestja in prijemala, mobilne robote s kolesi, mobilne robote z nogami – dvonožne, štiri-, šest- ali osemnožne), humanoidne robote, členkaste robote, kačam podobne robote ipd.,
- ✓ loči med odprtimi in zaprtimi kinematičnimi verigami mehanizmov in navede osnovne elemente mehanizma (sklep, člen),
- ✓ pozna in opiše osnovne strukture robotskih rok (kartezijev, cilindrični, sferni, scara, antropomorfni ...),
- ✓ pozna pojem prostostne stopnje in zna določiti število prostostnih stopenj za posamezne strukture robota,
- ✓ zaveda se pomena položaja in orientacije v prostoru in opiše primere nalog, ki jih lahko izvedemo samo z neko določeno orientacijo,
- ✓ primerja zgradbo in načine gibanja humanoidnega robota z zgradbo in gibanjem človeškega telesa (npr. skelet z mehanizmom, motorje z mišicami, senzorje s čutili, kot so vid, sluh, tip ipd.), podobno primerja zgradbo in načine gibanja mobilnega robota z nogami z ustrezno živaljo (pes, mravlja, pajek, v primeru letočih robotov tudi muha),
- ✓ razčleni vrste in načine premikanja robotskega mehanizma ter problem stabilnosti robota med gibanjem (npr. robot ne sme pasti ali se prevrniti),
- ✓ pozna pojem avtonomnega delovanja robota in opiše primere avtonomnih in neavtonomnih robotov,
- ✓ razčleni soodvisnost med senzorji robota in avtonomnostjo robota,
- ✓ pozna in opiše delovni prostor robota ter morebitne omejitve in ovire gibanja robota (nevarnost trka, padca ipd.),
- ✓ spozna pojem redundantne in neredundantne robotske strukture in razčleni potrebo po redundanci v določenih nalogah,
- ✓ spozna tipične industrijske aplikacije robotskih rok (npr. manipulacijo predmetov, paletiranje, varjenje ...),
- ✓ spozna neindustrijske aplikacije robotov (npr. v jedrskih elektrarnah, v kmetijstvu robotske kosilnice, robote za ekološko škropljenje, v medicini za operacije in pregled, doma – robotski sesalec ipd.),
- ✓ spozna aplikacije robotov, kjer je za izvedbo robotske naloge potrebna usklajenost oz. sodelovanje dveh ali več robotov (npr. robotske linije, dve robotski roki nosita 1 predmet, več mobilnih robotov raziskuje teren ipd.) ali interakcija s človekom.



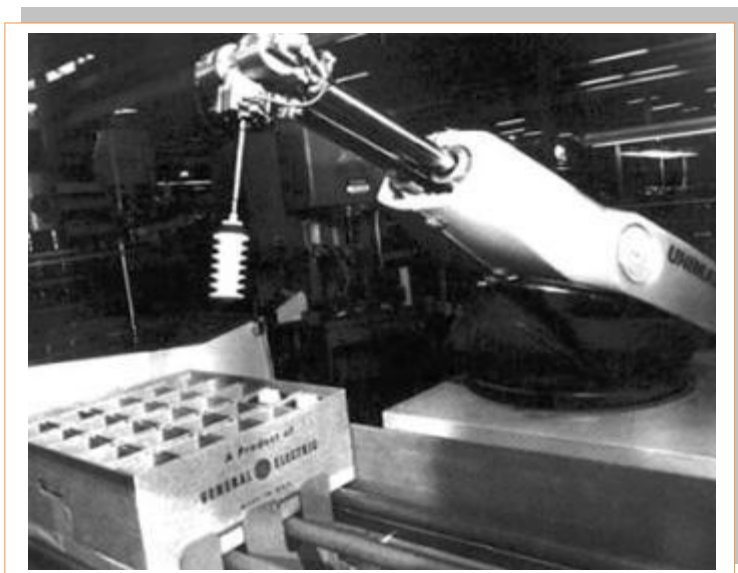
POVZETEK

Namen učbenika je približati robotiko kot vedo dijakinjam in dijakom v programu tehnik mehatronike. Učbenik je razdeljen v sedemnajst poglavij tako, da omogoča bralcu postopno osvajanje ciljev. Bralec v začetnih poglavjih podrobno spozna sestavne dele industrijskega robota ter njihovo medsebojno odvisnost. V nadaljnjih poglavjih bralec spozna pogon in transmisijo robota ter različne tipe robotov in njihovo postavitve v prostor. V poglavju 8 bralec podrobno spozna prijemala, kar mu omogoča, da zna izbrati ustrezno prijemalo pri realnem projektu. Posebno poglavje v knjigi je namenjeno varnosti pri robotskih aplikacijah, kateremu je potrebno posvetiti posebno pozornost, če želimo, da je delo z robotom varno. V devetem poglavju bralec spozna vrste industrijskih aplikacij, kar pomeni, da bo v realni aplikaciji znal izbrati pravo opremo. Šestnajsto poglavje je namenjeno predstavitvi programiranju robotov, kjer so podrobno predstavljeni on-line in off-line programiranje ter najpotrebnejše programerske funkcije (zanke, časovniki, zakasnitve). Na koncu učbenika pa so učne situacije oziroma pripravljene protokoli za izvedbo laboratorijskih vaj. V prvi vaji dijak osvoji delo z robotskim simulacijskim programom Kuka Sim Pro, kjer izdelava robotsko celico in preizkusi njeno delovanje v virtualnem svetu. V naslednji vaji dijak spozna off-line programiranje ter osvoji delo s programskim orodjem KUKA OfficeLite. V tretji vaji dijak spozna delovanje učne enote robota oziroma (angl. teachbox-a) ter se nauči uporabe le-te. Pri četrti in peti vaji dijak osvoji programiranje linearnega, krožnega ter giba od točke do točke, ter napiše program za izris kontur. V vaji šest in sedem pa dijak osvoji delo z vhodi in izhodi robotskega krmilnika ter zna zamenjati orodje. Učbenik in vaje omogočajo dijakom, da spozna delovanje industrijskega robota in periferije ter je usposobljen za vzdrževanje in programiranje robotov. Učbenik v celoti pokriva vse informativne ter formativne cilje, ki so zapisani v katalogu znanja modul Robotika.

1 ZGODOVINA ROBOTIKE

V sodobnem času bi težko našli nekoga, ki ne bi vedel, kaj pomeni beseda robot in kje jih lahko najdemo.

Besedo robot si je leta 1920 izmislil češki dramski pisatelj znanstvene fantastike Karel Čapek in jo uporabil v svoji igri R. U. R. («Rossumovi univerzalni roboti»). V češčini »robot« pomeni »delo« oziroma »suženj«.



Slika 1.1: Prvi moderni robot UNIMATE iz leta 1961

Vir: <http://adetec.wordpress.com/2011/06/20/10-robot-paling-keren-sepanjang-sejarah/> (14.11.2011)

Avtomatizacija oziroma uvajanje samodejnega izvrševanja zahtevnih nalog brez posega človeka se je v industriji začela z obdelovalnimi avtomati, ki so z mehansko izvedeno logiko svojo funkcijo izvajali samodejno. S prihodom elektronike in pozneje računalnikov so se avtomati prelevili v sodobne računalniško vodene (CNC) obdelovalne stroje, ki so povezani z avtomatskimi sistemi za prenašanje in transport obdelovancev na prilagodljive izdelovalne linije.

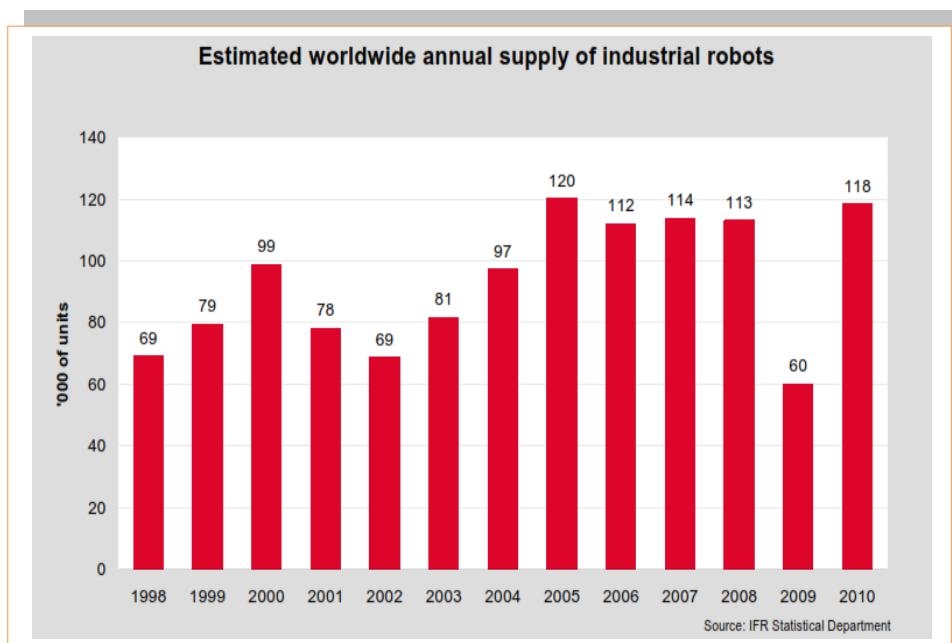
Podobno je bilo na področju sestavljanja, kjer je prvotno mehansko vodeno gibanje začela zamenjevati pnevmatika, elektronika in programirljiva logična krmilja. V avtomatizaciji imajo čedalje večjo vlogo tudi roboti. Največ se uporabljajo za strego strojem, za varjenje,

barvanje, sestavljanje, pakiranje, brušenje, optično kontrolo itd. Razvoj robotike se je pričel v avtomobilski industriji, zdaj pa si skoraj ne moremo več predstavljati industrijske panoge, ki bi nemoteno delovala brez robotske podpore. Robotika se prav tako razvija v neindustrijskih področjih, kot so zdravstvo, raziskovalno delo, vojaška tehnologija, svet zabavne tehnologije in nenazadnje tudi doma, v gospodinjstvu. Robotika se bo še kar nekaj časa razvijala, saj obstaja še ogromno možnosti za izboljšave, npr. na področju krmiljenja robotov, umetnega vida in inteligence, robotske dinamike in kinematike in še bi lahko naštevali.

Robotika je znanstvena panoga, ki črpa znanja iz številnih tehničnih in netehničnih ved in na osnovi le-teh gradi novo znanje, značilno le za robotske sisteme. V robotiki v bistvu posnemamo lastnosti človeka in narave, v industriji pa želimo predvsem doseči, da bi človeško delo kar najbolj optimalno zamenjali z robotskim. Seveda človeka ne smemo povsem izločiti, ampak moramo skušati njegovo vlogo kreativnosti in inovativnosti uporabiti tako pri fazah uvajanja robotizacije kot tudi v serijski proizvodnji. Zaradi razvoja pa roboti seveda zajemajo vedno večji delež.

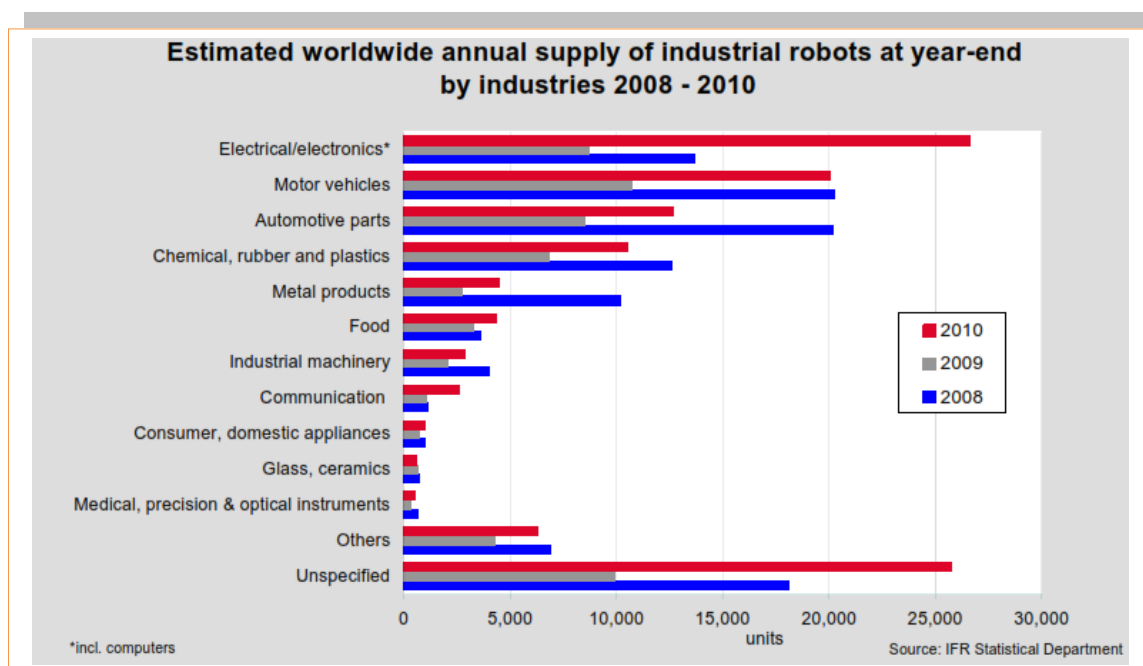
Razlogi za avtomatizacijo in robotizacijo

Osnovni razlogi za avtomatizacijo so zniževanje stroškov, razbremenitev človeka ter zagotavljanje zmogljivosti in kakovosti proizvodnje. Avtomatizacija vpliva na skrajšan čas izdelave, večjo zmogljivost in zniževanje proizvodnih stroškov. Prav tako pa je tudi zdravju škodljivo in monotono delo eden izmed pomembnih razlogov za uvajanje robotizacije. Eden izmed ključnih razlogov je bilo tudi dejstvo, da nekaterih nalog z ročnim delom in človeškimi zmožnostmi ni bilo mogoče več učinkovito izvrševati. Človek namreč na ročno vodenem obdelovalnem stroju ni zmožen zagotoviti gibanja orodja po zapletenih krivuljah prostora, časa, točnosti in natančnosti obdelave, ki jih omogočajo sodobni več osni obdelovalni stroji. Podobno je pri uporabi robotov za varjenje, barvanje itd., kjer je poleg kakovosti pomembno predvsem zdravje človeka. Pri sestavljanju robotizacija zagotavlja čase izdelave in ustrezno kakovost, ki jih človek z ročnim delom ne more več doseči.



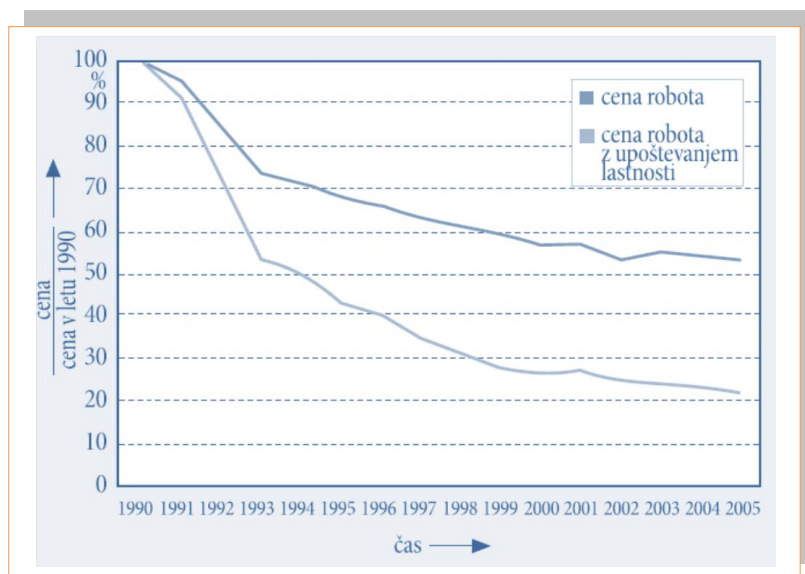
Slika 1.2: Število prodanih robotov v svetu

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)



Slika 1.3: Prikaz uporabe robotov v posameznih industrijskih segmentih

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)



Slika 1.4: Cene industrijskih robotov

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)

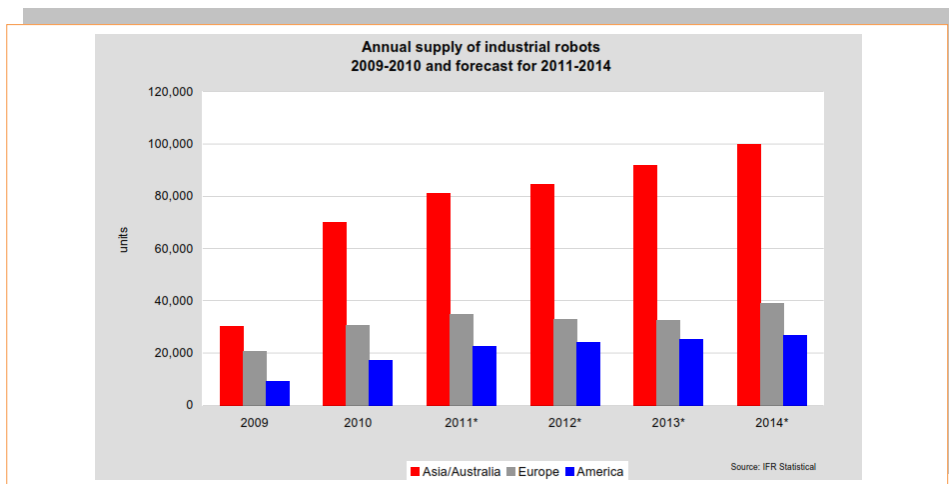
Strah pred zmanjševanjem števila delovnih mest zaradi avtomatizacije in robotizacije je danes povsem odveč. Po oceni je v slovenski industriji trenutno v uporabi okoli 1000 industrijskih robotov. To je približno 38 robotov na 10.000 zaposlenih v predelovalni dejavnosti.

Country	2008	2009	2010	2011*	2014*
America	17,192	8,992	17,114	22,450	26,700
North America (Canada, Mexico, USA)	16,242	8,417	16,356	21,000	24,000
Central and South America	950	575	758	1,450	2,700
Asia/Australia	60,294	30,117	69,833	81,200	100,000
China	7,879	5,525	14,978	19,500	32,000
India	883	363	776	1,000	3,000
Japan	33,138	12,767	21,903	26,000	30,000
Republic of Korea	11,572	7,839	23,508	24,500	21,000
Taiwan	3,359	1,474	3,290	3,700	4,500
Thailand	1,585	774	2,450	3,100	5,000
Other Asia/Australia	1,878	1,375	2,928	3,400	4,500
Europe	34,695	20,483	30,630	34,700	38,900
France	2,605	1,450	2,049	2,400	2,800
Germany	15,088	8,507	14,000	15,500	16,500
Italy	4,793	2,883	4,517	4,600	4,900
Spain	2,296	1,348	1,897	2,100	2,400
United Kingdom	856	635	878	950	1,100
Central and Eastern Europe	2,603	1,448	2,507	3,700	5,100
other Europe	6,454	4,212	4,782	5,450	6,100
Africa	454	196	259	400	500
Total**	112,972	60,018	118,337	139,300	166,700

Sources: IFR, national robot associations.

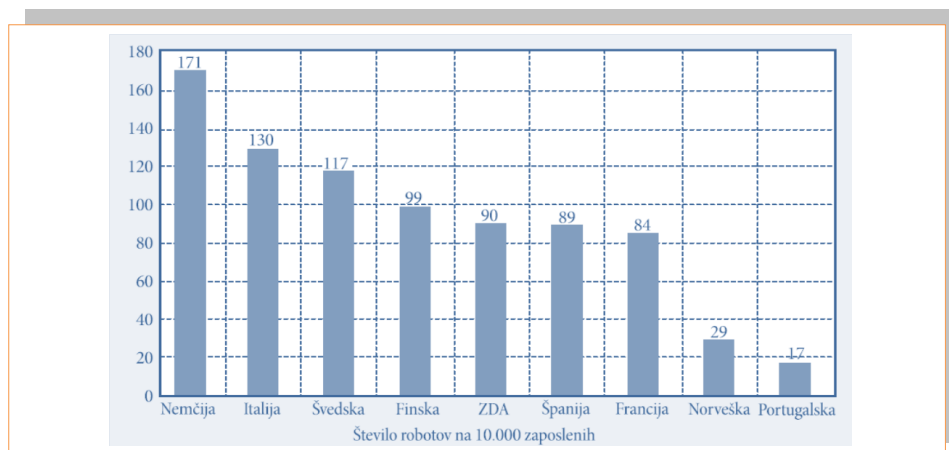
Slika 1.5: Statistični podatki o integriranih robotih po svetu

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)



Slika 1.6: Število robotov v posameznih kontinentih

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)



Slika 1.7: Število robotov v posameznih državah na 10.000 zaposlenih

Vir: <http://www.ifr.org/> (15.11.2011)

Dobri dve petini robotov je namenjeno stregi strojem, približno ena petina varjenju in ena šestina montaži. Sledijo še uporaba robotov za nanos lepil in drugih mas za lakiranje. Približno pet odstotkov robotov izvaja operacije, kot so brušenje, poliranje, rezanje, odstranjevanje srha in podobno. V tujini in večjih industrijskih državah, kjer je avtomobilska industrija paradni konj, je v avtomatiziranih sistemih implementiranih zelo veliko robotov. Kot primer lahko omenimo podjetje Audi Ingolstadt, kjer imajo v proizvodnji avtomobilov instaliranih okoli 1000 robotov. V kolikor številko primerjamo s Slovenijo, lahko ugotovimo, da je v naši celotni državi približno toliko instaliranih robotov kot v večjem avtomobilskem gigantu v Nemčiji.



POVZETEK

Verjetno ga ni med nami, ki še ni slišal za besedo robot ter se ob njej spomni vsaj enega področja, kjer se pojavljajo roboti. Nekateri bi omenili avtomobilsko industrijo, kjer so bili tudi začetki razvoja robotike, drugi bi omenili znanstvenofantastični film, kjer nastopajo razne vrste likov, v filmu, obravnavani kot roboti. V industriji si skoraj ne moremo več predstavljati proizvodnje brez robotske podpore, enako pa se robotika razvija tudi na neindustrijskih področjih, omenimo hišna opravila, pomoč pri raziskovanjih, zdravstvo, vojaško sfero, zabavno tehnologijo in še na mnogo drugih področjih. Razvoj robotike seveda še zdaleč ni izčrpan, saj je na področjih robotske kinematike in dinamike, krmiljenja robotov, generiranja robotske poti, umetnega vida in inteligence, hodečih robotov ter drugje še vedno veliko možnosti za napredek in izboljšave. Pomembno vprašanje, povezano s samim razvojem, je seveda tudi zmanjševanje energijske porabe in lastne mehanske teže brez omejevanja danes že doseženih lastnosti.



PONOVIMO

1. Kje se je prvič pojavila beseda robot?
2. Kakšni so razlogi za avtomatizacijo in robotizacijo?
3. Na katerih področjih se pojavlja največja prisotnost robotov?

2 GLAVNI RAZLOGI ZA UVAJANJE ROBOTIKE

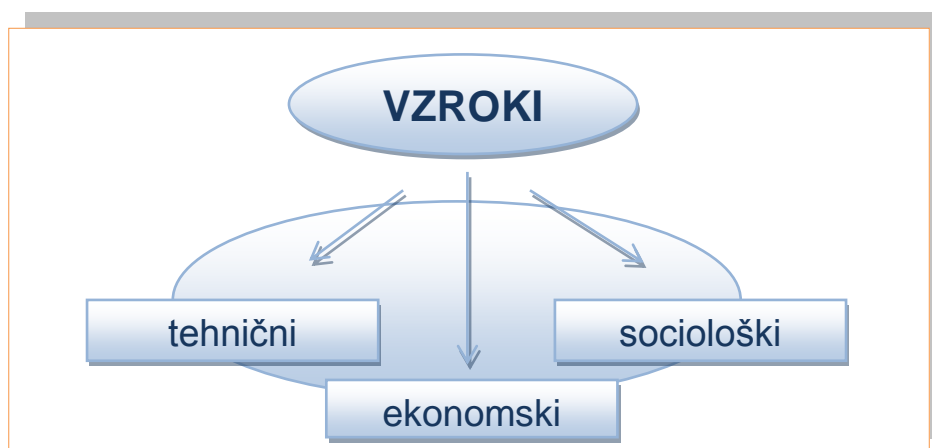
Industrijske robote uporabljamo tako rekoč že v vseh proizvodnih procesih. Tudi mobilni roboti in roboti z možnostjo lastnega odločanja se čedalje bolj uveljavljajo, sploh na novejših področjih.

Področja, kjer se roboti najbolj uporabljajo so:

- strojna obdelava;
- varjenje (točkovno, obločno, lasersko, ...);
- kontrola kvalitete in merjenja;
- raziskovalno delo;
- kmetijstvo;
- medicina;
- vojska;
- sestava elektronskih komponent in vezij;
- obdelava plastičnih snovi;
- barvanje, nanašanje zaščitnih premazov, emajliranje;
- delo z nevarnimi snovmi;
- skladiščenje;
- idr.

VZROKI

Glavni vzroki za uvajanje robotizacije so tehnični, ekonomski in sociološki. Ti vzroki so med sabo vedno povezani, če ne neposredno pa vsaj posredno.



Slika 2.1: Vzroki za uvajanje robotizacije

Vir: Lastni

Tehnični vzroki za uvajanje robotizacije so:

- ✓ večja zanesljivost delovanja;
- ✓ enakomernost oziroma hitrost dela;
- ✓ adaptivnost (hitro spreminjanje izdelkov);
- ✓ večja kvaliteta izdelka;
- ✓ večja natančnost izdelka;
- ✓ ergonomija (dolgotrajno delo, velika bremena);
- ✓ večja zadostitev tehničnih zahtev kot pri človeku.

Med **ekonomske vzroke** prištevamo:

- ✓ večji zaslužek oziroma dobiček zaradi večje produktivnosti;
- ✓ nižanje produkcijskih stroškov;
- ✓ hitrejšo obračanje kapitala;
- ✓ pomanjkanje delovne sile;
- ✓ racionalizacija (uspeh v boju proti konkurenci);
- ✓ krajša amortizacijska doba;
- ✓ večja rentabilnost.

Sociološki vzroki pa so:

- neprimerno delovno okolje kot so vročina, strupi, umazanija, ...;
- večanje življenjskega standarda s tem, ko človeku ni treba opravljati monotonih del;
- povečani varnostni ukrepi;
- strožja zakonodaja.

POMEMBNE KOMPONENTE

Ko se odločimo robotizirati neko delovno mesto ali neko delovno nalogo, moramo upoštevati sledeče komponente:

- izbira prave in uspešne prve aplikacije;
- izbira in določitev robota, ki bo najučinkoviteje zadostil našim zahtevam;
- določitev paralelnega delovnega mesta;
- hitrost proizvodnje;
- ekonomska upravičenost;
- kompleksnost avtomatizacije;
- prva inštalacija;
- časovno trajanje uvedbe;
- naklonjenost okolja;
- podpora vodstva.

Izbira prave in uspešne prve aplikacije

Ko izbiramo nalogo, ta ne sme biti prezahtevna, saj se lahko zgodi, da tehnično in kadrovsko nalogi ne bomo kos. Aplikacijam, kot so barvanje velikih površin, zapletene geometrijske sestave ipd., ki so zahtevne že same po sebi, se raje izognimo.

Izbira in določitev robota, ki bo najučinkoviteje zadostil našim zahtevam

Izbrati moramo optimalni tip robota. Pri tem moramo upoštevati zahtevano število prostostnih stopenj, obliko in lastnosti nameščenega orodja oziroma prijemala, obliko delovnega prostora ter nosilnost, pri kateri je pomembna tudi bruto teža. Prav tako moramo upoštevati kasnejše vzdrževanje in možnost nakupa rezervnih delov, možnost ponovne uporabe ipd.

Določitev paralelnega delovnega mesta

V primeru robotizacije že obstoječega delovnega mesta poskušamo to delovno mesto obdržati v operativnem stanju. Vsako podvajanje operacij namreč ni zastonj in predstavlja dodatne stroške. Če pa robotiziramo delovno operacijo, ki se nahaja sredi delovnega procesa, potem je smiselno razmišljati o paralelnem (ročnem) delovnem mestu.

Hitrost proizvodnje

Roboti načeloma delajo sicer počasneje kot človek, a veliko enakomernejše. Pomembno je, da izdelamo kvalitetno analizo časov oziroma določitev časa cikla robota kot tudi celotne robotske celice ali linije.

Ekonomska upravičenost

Dejstvo je, da z robotizacijo pričakujemo pozitivne učinke, kar pomeni večjo produktivnost, manjši izmet, kvalitetnejše izdelke ipd. Včasih je pametno pred uvedbo večjega števila nove serije robotov postaviti testno robotsko celico, ki služi za učenje tehničnega kadra.

Kompleksnost avtomatizacije

Preproste rešitve vodijo tudi k lažjemu obvladovanju situacije, ta pa k manjšim stroškom zagona in vzdrževanja.

Prva inštalacija

»Najboljši strokovnjak je vedno najcenejši.« – Če nimamo ustreznega kadra za vzdrževanje, ga moramo zaposliti. Robot, ki ne opravlja svoje funkcije, je nekoristen.

Časovno trajanje uvedbe

Predvideti moramo delovno dobo delovanja robota, saj pomembno vpliva na amortizacijo vloženih sredstev.

Naklonjenost okolja

Ljudje se posebej v okoljih, ker niso vajeni delati skupaj z roboti, pritožujejo nad njimi in jih sabotirajo, saj jih je strah pred izgubo delovnega mesta. Pomembno je, da zaposlene psihološko dobro pripravimo na delo z njimi.

Podpora vodstva

Vodilni kader v podjetju mora absolutno podpirati uvedbo novih tehnologij, drugače je vse skupaj nesmiselno in samo izguba časa.



POVZETEK

Čeprav so roboti v današnjem času že nekaj povsem samoumevnega, se moramo vseeno vprašati, kateri so tisti osnovni vzroki za tak hiter razvoj robotizacije na že skoraj vseh možnih področjih. Vzroke lahko globalno razdelimo na tri glavne skupine: tehnični, ekonomski in sociološki.



PONOVIMO

1. Opišite tehnične vzroke za razvoj robotizacije.
2. Opišite ekonomske vzroke za razvoj robotizacije.
3. Opišite sociološke vzroke za razvoj robotizacije.
4. Naštej pomembne komponente pri postavitvi robotske celice.

3 VRSTE ROBOTOV V NAŠI OKOLICI

V dobi hitrega razvoja in novih tehnologij se tudi področje robotike čedalje bolj razvija in uveljavlja poleg industrijskih robotov tudi na področjih, kot so medicina, vojska, gospodinjstvo in vseh področjih, kjer se pojavlja tudi potreba po tem, da se človeku olajša delo in življenje. V osnovi so vsi omenjeni roboti zasnovani tako, da v povezavi s človekom in okolico avtonomno opravljajo svoje funkcije. Sestavljeni so iz mehanske konstrukcije, električnega pogona, nadzornega sistema in ustreznih tipal, ki zaznavajo spremembe fizikalnih veličin v okolici. Veliko omenjenih sistemov izhaja iz razvojnega okolja vojske in podobnih organov, kjer razvijajo zmogljive sisteme za moderno bojevanje. Poglejmo nekaj robotov, ki se nahajajo v naši okolici.

Industrijski robot

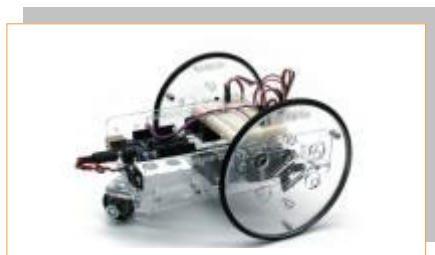


Slika 3.1: Industrijski robot

Vir: www.kuka.de (17.11.2011)

Industrijski roboti se instalirajo in uporabljajo v industrijskih aplikacijah, kjer so delovni pogoji za človeka slabi, to pomeni, kjer se pojavljajo plini, visoke temperature, velike mase in ponavljajoče monotono delo. Tehten razlog za uporabo industrijskih robotov je torej razbremenitev človeka, pomembni dejavniki pa so tudi konkurenčnost, kakovost in prihodek podjetja. Industrijski roboti se uporabljajo za stregovanje in manipulacijo, paletizacijo, varjenje, barvanje, meritve in druge avtomatizirane aplikacije. V Evropi so med znanimi proizvajalci Kuka, ABB, Yaskawa Motoman, Fanuc, Mitsubishi, Reis, Staubli, Kawasaki, OTC, Denso, Nachi, Epson, Skilled, RRR, Hyundai in ostali.

Mobilni robot



Slika 3.2: Mobilni robot

Vir: <http://www.instructables.com/id/How-to-Make-an-Arduino-Controlled-Servo-Robot-SER/> (17.11.2011)

Poznamo mobilne robote, ki sledijo črni črti na podlagi, se avtonomno pomikajo v labirintu in se jih uporablja za reševanje. Namenjeni so predvsem spoznavanju robotike med učenci, dijaki in študenti. V ta namen se organizirajo različna lokalna, regijska in državna tekmovanja, kot so RoboT, Robo Cup, Robo Miš in druga. Tekmovanja nudijo možnost spoznavanja konstrukcijske metode, načrtovanje električnih vezij, različne vrste senzorjev, načine programiranja ter seznanjanje in srečanje s tehniko na zanimiv in privlačen način. Pridobljena znanja so implementirana v robotskih sistemih, ki jih bomo spoznali skozi celotno gradivo.

Avtonomni avtomatizirani voziček



Slika 3.3: Avtonomni avtomatizirani voziček za prevoz materiala

Vir: <http://www.jbtc-agv.com/en/solutions/products/forked-automatic-guided-vehicles-agvs/counterbalance-automatic-guided-vehicles> (17.11.2011)

Avtonomni avtomatizirani voziček se uporablja v industriji za prevoz materiala iz določenega proizvodnega sklopa proizvodnje v drugi proizvodni sklop. Deluje popolnoma avtomatizirano. To omogoča nadzorni sistem in ustrezna senzorika, ki zaznava ovire v okolici ter senzorika za vodenje (GPS, sledenje vodniku v podlagi, sledenje črti, ...).

Robotski sesalnik



Slika 3.4: Robotski sesalnik

Vir: <http://www.popsci.com/gadgets/article/2011-01/sponsored-post-irobots-roomba-and-scooba> (17.11.2011)

Robotski sesalnik je avtonomni robot, ki se giblje v prostoru in sesa prah ter manjše smeti. Sestavljen je iz mehanske konstrukcije, robotskega krmilnika ter kontaktnih in ultrazvočnih senzorjev, ki zaznavajo stene in ovire. Omogoča avtonomno gibanje v prostoru, programiranje delovnih ciklov in samodejno polnjenje akumulatorske enote.

Robotska kosilnica

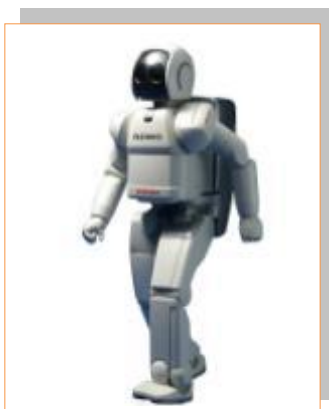


Slika 3.5: Robotska kosilnica

Vir: <http://inhabitat.com/automower-solar-powered-lawnmower/> (17.11.2011)

Robotska kosilnica je glede na način delovanja zelo podobna robotskemu sesalniku. Avtonomno se giblje po zelenici in kosi travo zelenice. Običajno moramo okoli zelenice napeljati posebno žico, ki jo kosilnica s pomočjo senzorjev zazna in tako določi svoje delovno območje. Sodobne robotske kosilnice imajo tudi solarni modul za polnjenje akumulatorske enote.

Humanoidni robot



Slika 3.6: Humanoidni robot

Vir: <http://www.diseno-art.com/encyclopedia/archive/ASIMO.html> (17.11.2011)

Humanoidni robot je po svoji konstrukciji in izgledu zelo podoben človeku. Sodobni humanoidni robot, kot je npr. Honda Asimo se je sposoben gibati podobno kot človek, poleg tega pa lahko teče s hitrostjo 6 km/h. Smernice razvoja robotov se razvijajo v smeri asistiranja človeku pri vsakdanjih opravilih. Robot lahko pred seboj pomika voziček s hrano, lahko nosi pladenj, pločevinke, skodelice in podobno. Poleg tega razpoznava govor in mimiko človeka. Konstrukcija robota je zelo zapletena, saj je zelo težavno zagotoviti usklajeno gibanje sklepov, posebej problematična je hoja po stopnicah. V ta namen je potrebno meriti naklon (žiroskop) in pozicijo v prostoru (strojni vid-kamere). Glede na to, da nas lahko robot prime za roko, lahko ugotovimo, da ima zelo precizno mehaniko roke ter ustrezno senzoriko. Cel sistem nadzoruje tehnološko zelo dovršen krmilni računalnik.

Robot varnostnik



Slika 3.7: Robot varnostnik

Vir: <http://www.comunistrobot.com/robotarticles.php?articleid=128> (18.11.2011)

Robot varnostnik je namenjen varovanju v večjih trgovskih središčih. Avtonomno se giblje v prostoru in zaznava vnaprej programirane nevarne in nepredvidljive situacije. V primeru kraje, nevarnosti in podobnih okoliščin robot varnostnik posreduje varnostno opozorilo v varnostni center, kjer dogajanje preko kamere spremljajo varnostniki.

Robotski pes



Slika 3.8: Robotski pes

Vir: <http://www.avland.co.uk/sony/ers7/ers-7.htm> (19.11.2011)

Robotski pes spada v področje zabavne elektronike. Predvsem Japonci so napravo vzeli zelo resno, saj nekaterim nadomešča žive hišne ljubljence. Japonci namreč živijo v velikih mestih in manjših stanovanjih, kjer je zelo problematično biti lastnik žive živali. Iz tega razloga so se lotili razvoja robotskega psa. Naprava ima zelo veliko funkcij. Zaznava namreč mimiko lastnika in se odzove nanj ter na njegov glas. Lastnika zmore animirati in zabavati s posebnimi triki, poleg tega pa ima funkcijo nočnega varovanja stanovanja.

Medicinski kirurški robot

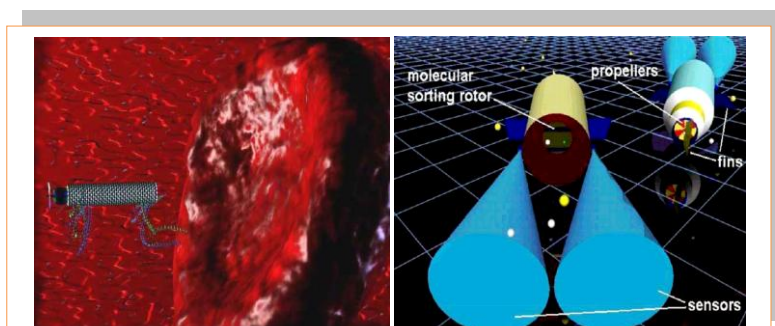


Slika 3.9: Medicinski kirurški robot

Vir: <http://www.intuitivesurgical.com/> (19.11.2011)

Medicinski robot za izvajanje operacij je voden preko posebnega vmesnika, ki ga upravlja kirurg. Kirurg s pomočjo haptične naprave vodi posamezno os in robotska orodja. Kamera mu omogoča primerno povečavo. Prednost omenjenega sistema je hitrejše okrevanje bolnika, ker se operacija izvaja preko posebnih cevk, v katera so vstavljena robotska orodja. Zaradi tega je veliko manj rezov in ran, posledično pa bolnik hitreje okreva.

Medicinski nanorobot



Slika 3.10: Medicinski nanorobot

Vir: <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/nanorobot> (22.11.2011)

Področje medicinskih nanorobotov je še v razvoju. Prevladuje ideja, da bi nanorobote vbrizgali v kri, kjer bi popravili določeno celico, odmašili žilo itd. Nanorobot je sestavljen iz nanomehanskih sklopov, pogona, sensorike in napajalne enote. V tem trenutku znanstvenikom največje probleme povzroča zagotavljanje napajanja nanorobotu.

Robotska – bionična noga



Slika 3.11: Bionična noga

Vir: http://www.whatsonxiamen.com/ent_images/390201.jpg (25.11.2011)

Zelo zanimiva in humana je tudi veja robotike, ki se ukvarja s področjem invalidskih pripomočkov. Razvili so bionično nogo, ki ni proteza, ampak aktivni invalidski pripomoček. Noga ima svoje napajanje, mehansko konstrukcijo, elektromotorski pogon ter ustrezno krmiljenje in senzoriko. Na zdravi nogi je v stopalu poseben senzor in oddajnik, ki na robotsko nogo oddaja informacije, ki so potrebne za premikanje le-te. Robotska noga se premika v obratnem režimu kot zdrava noga, omogoča pa tudi aktivno hojo po stopnicah.

Robotski pripomoček za hojo



Slika 3.12: Robotski pripomoček za hojo

Vir: <http://www.inewidea.com/wp-content/uploads/2010/07/20100723101.jpg> (27.11.2011)

Robotski pripomoček za hojo je sistem, ki so ga v začetku razvili za vojaške namene. Povečal bi moč in zmogljivost vojakom pri hoji in teku. Podobno napravo se lahko uporabi za invalide, ki so hromi od pasu navzdol. Na noge je potrebno namestiti posebne nastavke, ki omogočajo hojo.

Robotska roka na invalidskem vozičku



Slika 3.13: Robotski roka na invalidskem vozičku

Vir: <http://www.engadget.com/2009/11/10/nsf-backs-development-of-laser-guided-robot-wheelchairs/> (29.11.2011)

Zelo zanimiva aplikacija je tudi robotska roka na invalidskem vozičku. Uporablja se kot pripomoček invalidom pri določenih opravilih, ki jih brez pomoči ne bi bili sposobni opraviti. Pri invalidih tetraplegikih, ki so od vratu navzdol hromi, pa je ta aplikacija še posebej dobrodošla in uporabna. V tem primeru razvijajo sistem, kjer oseba vodi robota s pomočjo možganskih valov. Na glavi ima poseben nastavek, ki tipa in zaznava možganske valove, kombinacija v naprej določenih misli pa pomeni določen gib robotske roke.

Žužkobot

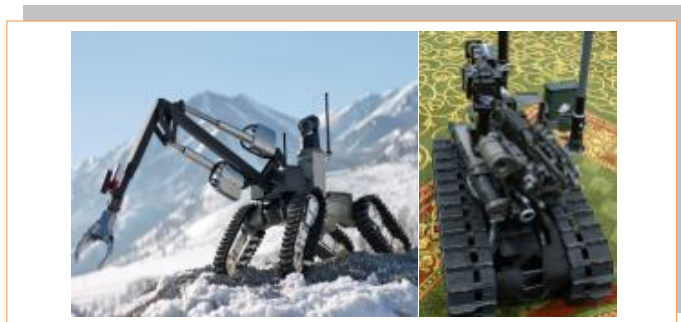


Slika 3.14: Žužkobot

Vir: <http://www.champaignschools.org/central/business/johnson/5th2005/manandan/SpiderRobot.jpg> (29.11.2011)

Roboti, ki posnemajo obnašanje in delovanje živali, so uporabni predvsem za raziskovanje na težje dostopnih mestih, kot so kanalizacija, ruševine ali pa planeti, kot je Mars. Poznamo žužkobot, robote kače, leteče muha robote in druge.

Vojaški robot



Slika 3.15: Vojaški robot

Vir: <http://www.champaignschools.org/central/business/johnson/5th2005/manandan/SpiderRobot.jpg> (1.12.2011)

Večina sodobne tehnologije izvira iz vojaškega okolja. Med drugim so v vojaški industriji razvili tudi posebne vojaške robote. Lahko se uporabljajo za deaktivacijo bomb in min, za reševanje ali pa preprosto nadomestijo vojaka v boju. Vodení so preko posebnega brezžičnega sistema in kamere, preko katere spremljamo dogajanje.

Molzni robot



Slika 3.16: Molzni robot

Vir: http://ss1.spletnik.si/4_4/000/000/255/951/32212_1306753588_169_32212.jpg (1.12.2011)

V sodobnem času se avtomatizacija in robotika čedalje bolj aplicirata tudi na področju kmetijstva. Zanimiva robotska aplikacija je molzni robot, ki avtonomno pomolze kravo. Krave zaporedoma vstopajo v posebno enoto, robot pa se jim približa in zazna pozicijo odvzema mleka. Avtomatsko namesti sesalni sistem in pomolze kravo. Sistem hkrati na podlagi črtne kode vpiše v bazo podatkov, katero kravo molze in zmeri količino pridobljenega mleka. Poznamo tudi sodobne traktorje, ki avtonomno orjejo njivo s pomočjo GPS-sistema. Kmet določi koordinate obdelovalne površine, traktor pa nato avtonomno po vnaprej določenem algoritmu opravi svojo funkcijo.

Robot za polnjenje rezervoarja goriva



Slika 3.17: Robot za polnjenje rezervoarja goriva

Vir: <http://www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=1436> (2.12.2011)

Si predstavljate, da se s svojim avtom pripeljete na bencinsko postajo in vam robot dotoči gorivo? Tudi to je mogoče. Ta pristop se aplicira predvsem v avtomobilski industriji pri izdelavi avtomobilov. V končni fazi izdelave je potrebno dotočiti gorivo za namen logistike in dostave do kupca. To opravi posebni robot, ki iz črtne kode razbere ali gre za dizelski ali bencinski motor, nato pa avtonomno dotoči nekaj litrov goriva.



POVZETEK

V osnovi so vsi omenjeni roboti zasnovani tako, da v povezavi s človekom in okolico avtonomno opravljajo svoje funkcije. Sestavljeni so iz mehanske konstrukcije, električnega pogona, nadzornega sistema in ustreznih tipal, ki zaznavajo spremembe fizikalnih veličin v okolici. Veliko omenjenih sistemov izhaja iz razvojnega okolja vojske in podobnih organov, kjer razvijajo zmogljive sisteme za moderno bojevanje. Industrijski roboti se instalirajo in uporabljajo v industrijskih aplikacijah, kjer so delovni pogoji za človeka slabi, to pomeni, kjer se pojavljajo plini, visoke temperature, velike mase in ponavljajoče monotono delo. Tehten razlog za uporabo industrijskih robotov je torej razbremenitev človeka, pomembni dejavnik pa so tudi konkurenčnost, kakovost in prihodek podjetja. Industrijski roboti se uporabljajo za stregu in manipulacijo, paletizacijo, varjenje, barvanje, meritve in druge avtomatizirane aplikacije.



PONOVIMO

1. Opišite zgradbo robota.
2. Skiciraj shemo robotskega sistema.
3. Naštej nekaj področij uporabe robotov.
4. Naštej osnovne zakone robotike.

4 ROBOTI V MEDICINI

ROBOT DA VINCI

V sodobnem času se je zelo razvila tudi robotika na medicinskem področju. Robot, ki so ga poimenovali Da Vinci, je robot s štirimi rokami in s kamero, s katero upravitelj robota spremlja dogajanje med operacijo.

Sistem robota sestavljajo:

- kirurška konzola;
- robotski stolp;
- stolp za prenos slike in
- instrumenti.

V kirurški konzoli operater vidi tridimenzionalno in desetkrat povečano sliko. Gibanje instrumentov je natančnejše, saj ima robot vgrajen filter, ki preprečuje tresenje rok. Instrumenti se lahko obračajo fleksibilnejše kot človeška roka, saj so pri načrtovanju instrumentov sledili naravnemu gibanju rok in ga celo presegli.



Slika 4.1: Robot Da Vinci v Splošni bolnišnici Celje

Vir: <http://www.intuitivesurgical.com/> (4.12.2011)

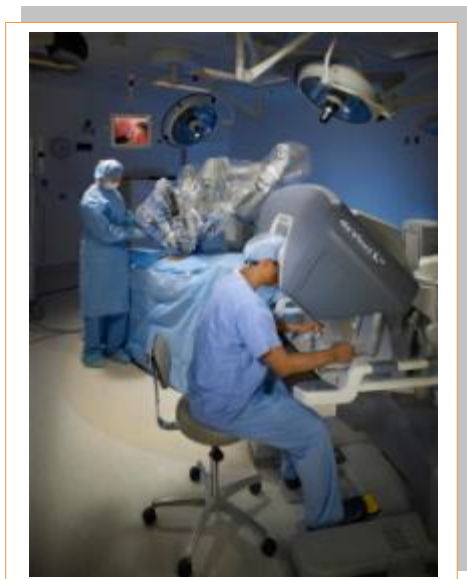
Do leta 2003 so izdelovali robota s tremi rokami, nato pa so mu dodali četrto roko – ta nosi kamero. Operater vse štiri roke vodi s kirurško konzolo, poleg operaterja pa pri operaciji sodelujeta še asistent in instrumentarka. Prednost robotskih operacij je v tem, da sta pri večjih operativnih posegih potrebna le dva kirurga in ne trije kot pri klasičnih in laparoskopskih.

Robota Da Vinci je razvila ameriška družba IntuitiveSurgical, ki je hkrati edini proizvajalec robotov za uporabo pri operativnem zdravljenju. Prvi prototip je bil izdelan leta 1980 v sodelovanju z ameriško vojsko, v medicini pa so z robotom Da Vinci opravili prvi poseg leta 1999.

Trenutno v svetu deluje 1482 robotov Da Vinci, od tega 1091 robotov v Združenih državah Amerike, 264 v Evropi in 127 drugod po svetu.

ODSTRANITEV RAKA V ZGODNJEM STADIJU

Trenutno se robotska kirurgija največ uporablja v urologiji in ginekologiji, poleg tega pa še v abdominalni, žilni, torakalni, kardiovaskularni in otorinolaringološki kirurgiji.



Slika 4.2: Operiranje z robotom Da Vinci

Vir: <http://www.intuitivesurgical.com/> (4.12.2011)

V Splošni bolnišnici Celje so v začetku maja 2010 kot prvi v Sloveniji uvedli operativne posege s kirurškim robotom Da Vinci. Aparat združuje prednosti laparoskopskega in klasičnega načina operiranja in omogoča minimalno invazivno kirurgijo na številnih področjih.

Najprej so začeli operirati z robotom na urološkem oddelku, z njim operirajo bolnike z rakom na prostati. Zaradi dobre diagnostike je obolenje pri vedno več moških ugotovljeno v zgodnjem stadiju, ko je bolezen še ozdravljiva. Približno polovico bolnikov z odkritim obolenjem lahko zdravijo z radikalno prostatektomijo – odstranitvijo prostate, kar je velik kirurški poseg.



Slika 4.3: Operacija z robotom Da Vinci

Vir: <http://www.intuitivesurgical.com/> (4.12.2011)



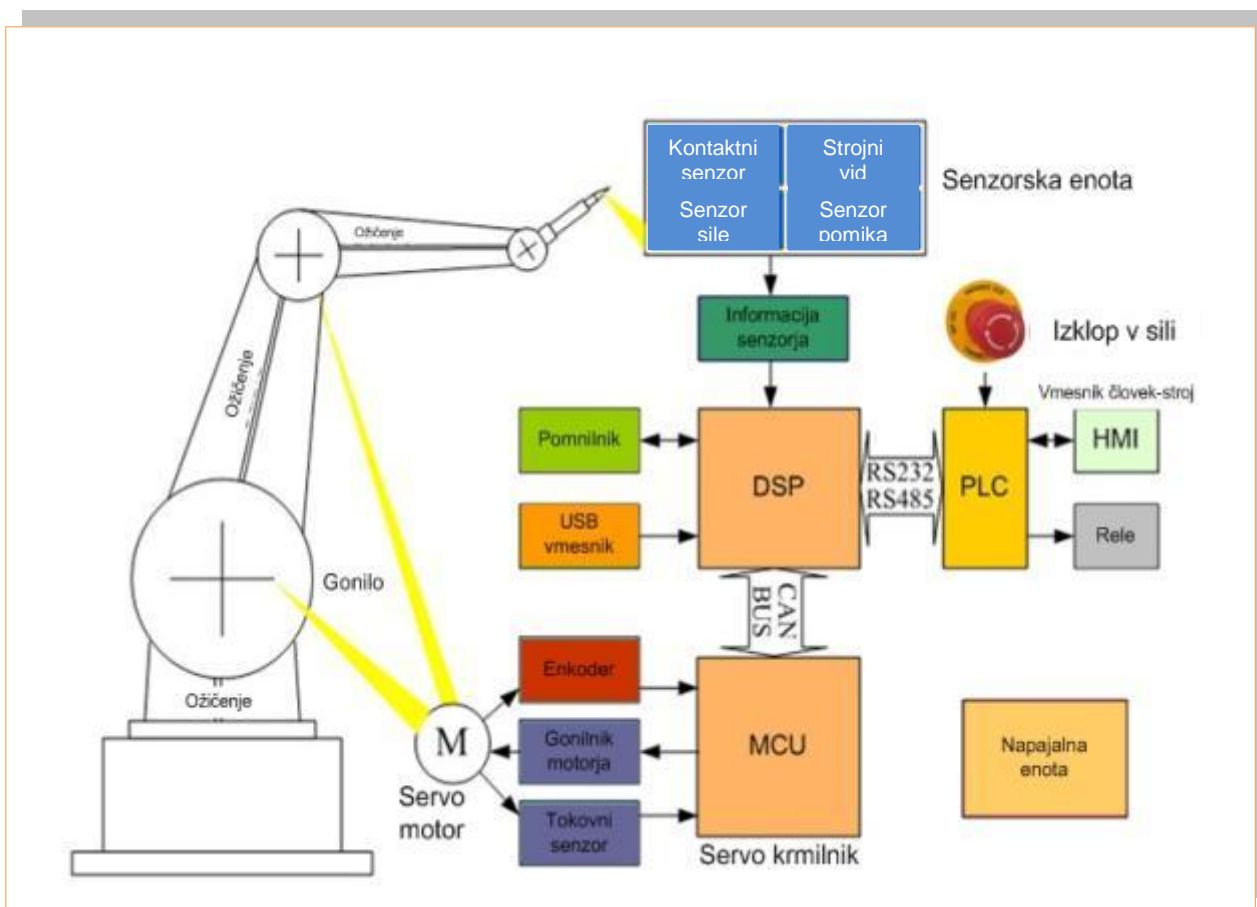
Slika 4.4: Medicinski robot Da Vinci

Vir: <http://www.intuitivesurgical.com/> (4.12.2011)

5 ROBOT

Robot je s tehničnega vidika sistem, sestavljen iz treh glavnih delov:

- mehanskega dela, kamor spadajo segmenti, motorji in zavore;
- informacijskega dela, ki zajema računalnik, krmilnik in sistem vodenja;
- senzorjev, kot so senzori sile, pospeškov, hitrosti, pomika, umetni vid, idr.



Slika 5.1: Zgradba robotskega sistema

Vir: Lastni

Vsak robot vsebuje mehanski in informacijski del, medtem ko ni nujno, da vsebuje tudi senzorje. Senzorjev predvsem ne potrebujejo industrijski roboti, saj v primeru cikličnega ponavljanja robotskih trajektorij le-teh ne potrebujemo. Senzorji namreč zajemajo podatke iz

okolice, kar pa pomeni dodatno obdelavo podatkov, sposobnost določanja bistva podatka, omogočanje načina reagiranja glede na informacije ter informacij glede položaja obdelovanca, prostega dostopa do njega in podobnih informacij namreč lahko pridemo s pomočjo zunanjih detektorjev, ki jih pri robotu vključimo kot potrebne pogoje za izvrševanje potrebne naloge.

V načelni delitvi se roboti delijo v tri skupine:

- ✓ **antropomorfne, to so človeku podobni roboti;**
- ✓ **neantropomorfne, ki imajo obliko strojev;**
- ✓ **lokomocijske, ki vsebujejo elemente hoje.**

Trije aktualni zakoni robotike (po Isaacu Asimovu) so:

- 1. ROBOT NE SME POŠKODOVATI ČLOVEKA, NITI ZARADI SVOJE NEAKTIVNOSTI DOPUSTITI, DA BI ČLOVEŠKO BITJE UTRPELO ŠKODO.**
- 2. ROBOT MORA IZVRŠEVATI UKAZE, KI MU JIH DAJO ČLOVEŠKA BITJA, RAZEN V PRIMERU, KO BI LE-TE KRŠILE ZAKON.**
- 3. ROBOT MORA ŠČITITI SVOJ OBSTOJ, RAZEN ČE BI TO KRŠILO PRVI IN DRUGI ZAKON.**

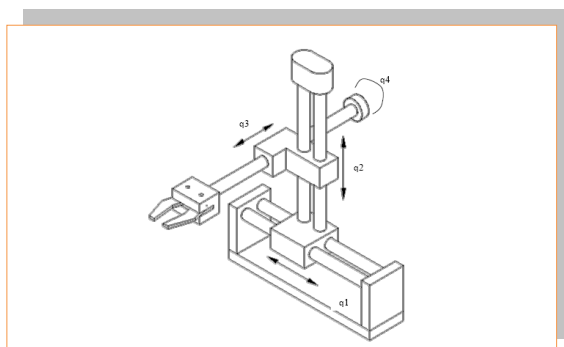
6 GLAVNE LASTNOSTI ROBOTA

Glavne lastnosti robota so fleksibilnost, reprogramabilnost in adaptivnost, kar pomeni, da lahko namembnost in uporabo relativno enostavno spremenimo. Robota ne smemo zamenjati z avtomatom, ki je neadaptiven, ker je prirejen za že vnaprej določena dela. Avtomat je težko hitro in poceni prirediti za drugo delo. Medtem ko robotu določimo mesto in obliko njegovega prijemala, lahko predvidimo tudi npr. povečanje proizvodnje, začetek izdelave novega izdelka, zamenjavo oblike izdelka ipd.

OSNOVNA ZGRADBA ROBOTA

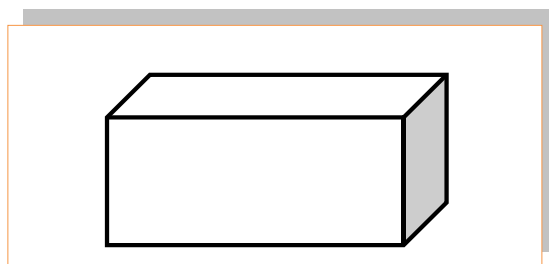
Vrh robota se giblje glede na način zgradbe robota. Če uporabimo tri translantorna gibanja, se vrh giblje po pravilih kartezijskega koordinatnega sistema. Lahko sestavimo tudi cilindrično in sferično konfiguracijo. Industrijski roboti pa so najpogosteje kombinirane zgradbe. Poznamo torej kartezično, cilindrično, sferično, kombinirano, scara in paralelno zgradbo robota.

KARTEZIČNA ZGRADBA ROBOTA



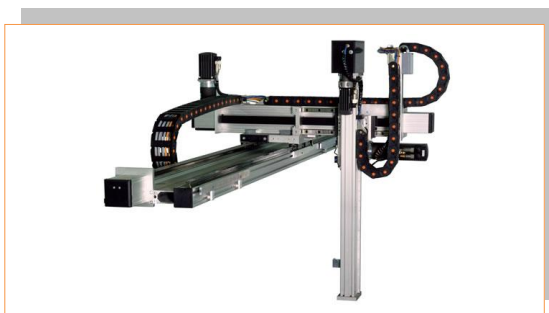
Slika 6.1: Konstrukcija kartezičnega robota

Vir: Lastni



Slika 6.2: Delovni prostor kartezičnega robota

Vir: Lastni

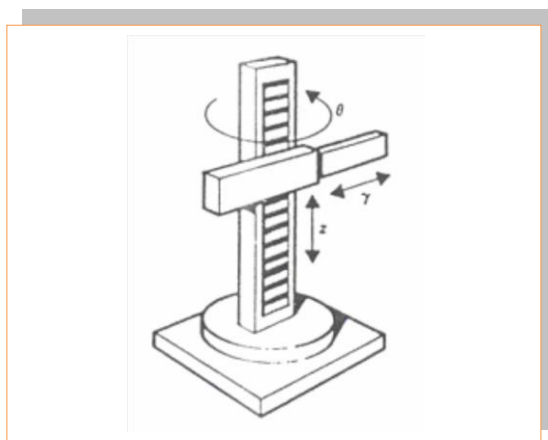


Slika 6.3: Primer kartezičnega robota

Vir: <http://www.opl.si/products.asp?step=2&id=101&pstring=6,101> (7.12:2011)

Konstrukcija kartezičnega robota omogoča linearno gibanje v treh dimenzijah. Včasih je na vrhu robota dodana rotacijska os, ki omogoča zasuk obdelovanca. Kartezični roboti so pogosto izdelani modularno, zato jim po potrebi lahko dodajamo ali odvezemamo osi.

CILINDRIČNA ZGRADBA ROBOTA



Slika 6.4: Konstrukcija cilindričnega robota

Vir: Lastni



Slika 6.5: Delovni prostor cilindričnega robota

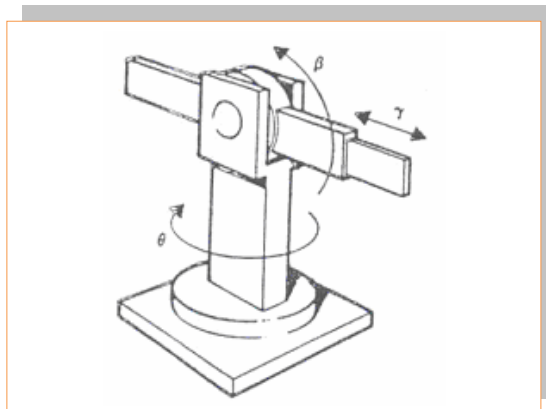
Vir: Lastni



Slika 6.6: Primer cilindričnega robota

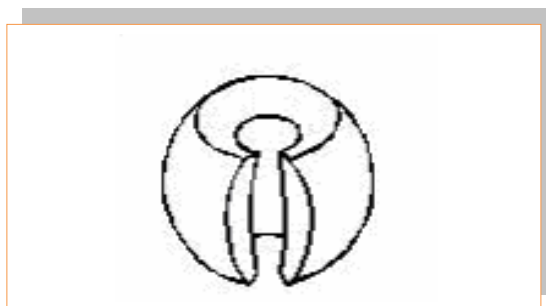
Vir: http://icosym-nt.cvut.cz/odl/partners/fuh/course_main/node29.html (10.12.2011)

SFERIČNA ZGRADBA ROBOTA



Slika 6.7: Konstrukcija sferičnega robota

Vir: Lastni



Slika 6.8: Delovni prostor sferičnega robota

Vir: Lastni

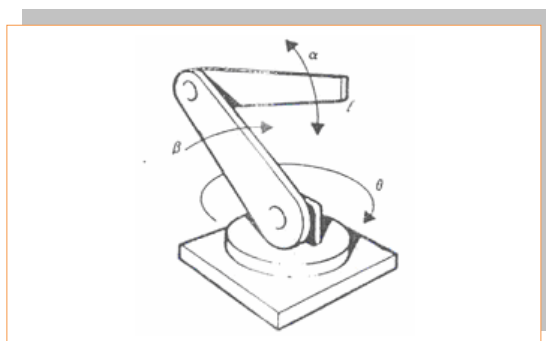


Slika 6.9: Primer sferičnega robota

Vir: http://images.brighthub.com/F8/1/F8131DA27545815E029B46B12EAD335F8525C953_small.jpg (10.12.2011)

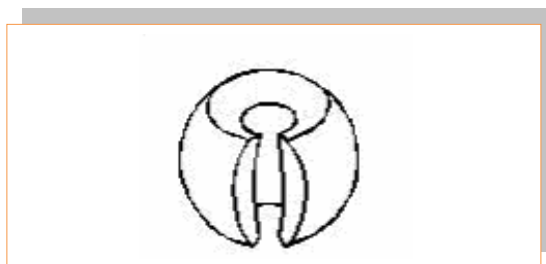
Sferični robot je sestavljen iz dveh rotacijskih in ene translacijske osi. Translacijska os je lahko vertikalna ali horizontalna. Primer sferičnega robota je tudi robot UNIMATE.

KOMBINIRANA ZGRADBA ROBOTA



Slika 6.10: Konstrukcija kombiniranega robota

Vir: Lastni



Slika 6.11: Delovni prostor kombiniranega robota

Vir: Lastni

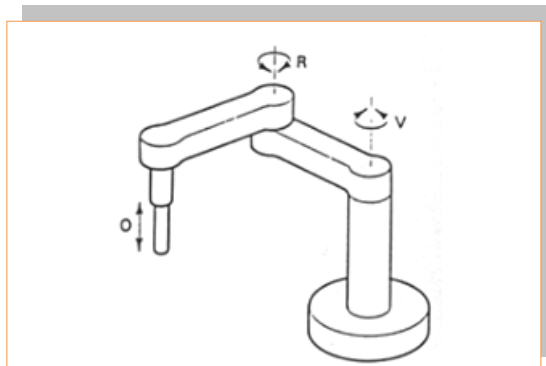


Slika 6.12: Primer kombiniranega robota

Vir: www.kuka.de (10.12.2011)

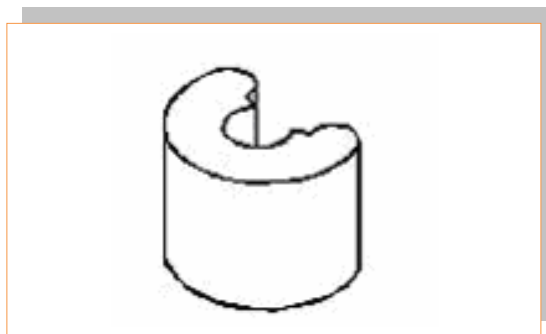
Antropomorfni robot ima vse osi rotacijske. S svojo konstrukcijo posnema delovanje človeške roke. Običajno imajo ti roboti šest osi, kar omogoča nastavitve želenega položaja in orientacije vrha robota. Ti roboti se najbolj pogosto uporabljajo v industrijskih aplikacijah.

SCARA ZGRADBA ROBOTA



Slika 6.13: Konstrukcija scara robota

Vir: Lastni



Slika 6.14: Delovni prostor scara robota

Vir: Lastni

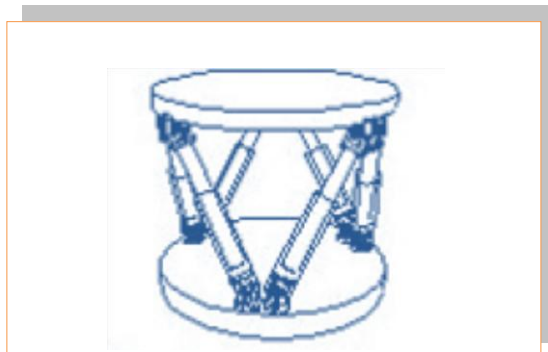


Slika 6.15: Primer scara robota

Vir : <http://images.aaduncu.multiply.com> (10.12.2011)

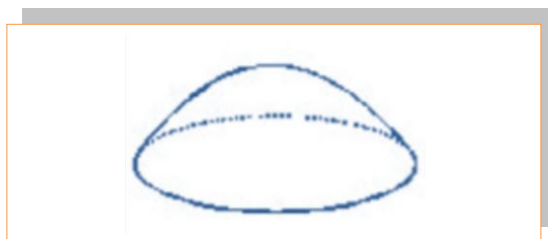
Osnovne lastnosti scara robotov so dve vzporedni horizontalno gibljivi rotacijski osi in vertikalna translacijska os. Robot se običajno uporablja za operacijo sestavljanja.

PARALELNA ZGRADBA ROBOTA



Slika 6.16: Konstrukcija paralelnega robota

Vir: Lastni



Slika 6.17: Delovni prostor paralelnega robota

Vir: Lastni

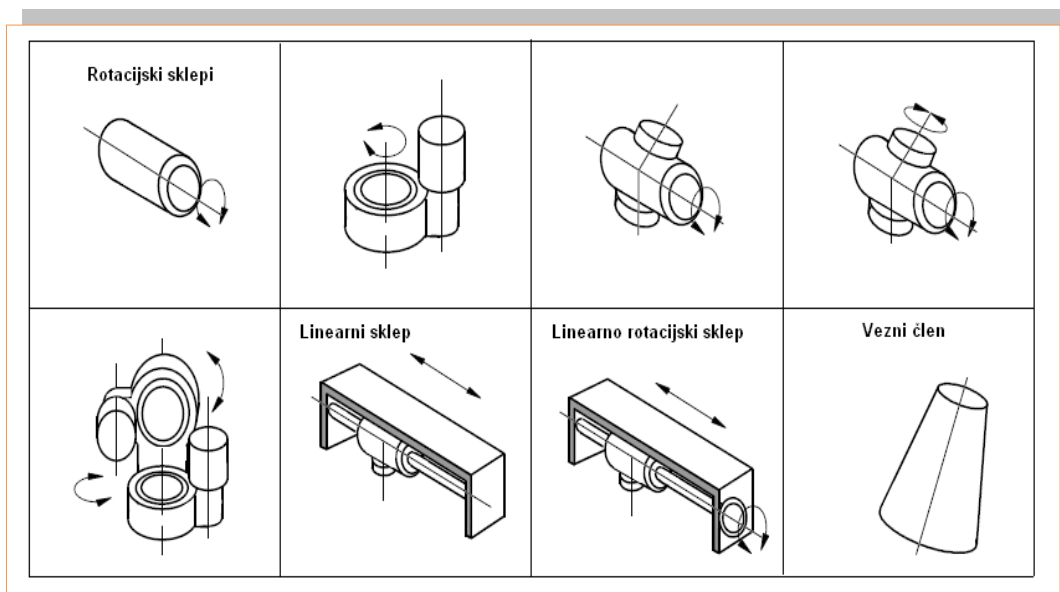


Slika 6.18: Primer paralelnega robota

Vir: www.abb.com (12.12.2012)

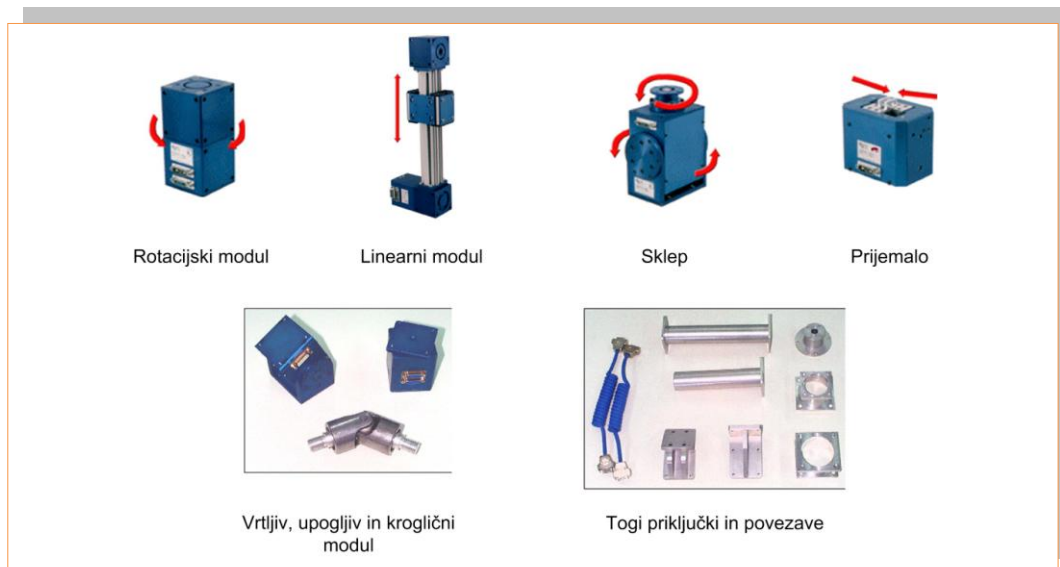
MODULARNI ROBOT

Modularni robot je sestavljen iz posameznih rotacijskih in translacijskih sklepov v odvisnosti od namena uporabe, ki omogočajo izbiro dimenzij posameznih osi robota. Robotski krmilnik mora biti izveden tako, da zazna spremembo v konfiguraciji robota.



Slika 6.19: Vrste sklepov modularnih robotov

Vir: Lastni



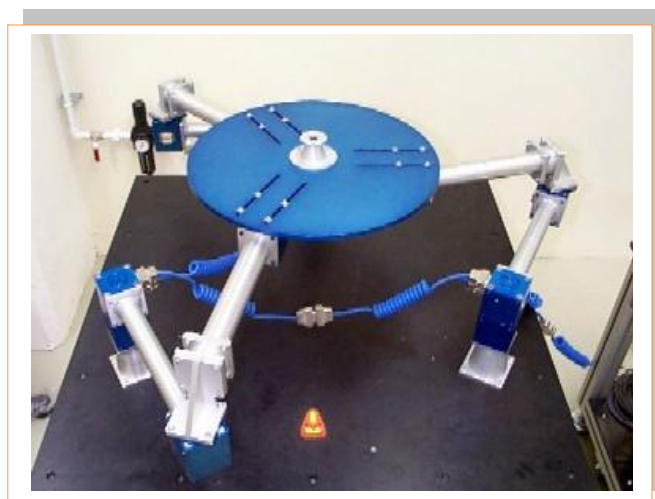
Slika 6.20: Elementi modularnih robotov

Vir: <http://155.69.254.10/users/risc/www/para-intro.html> (14.12.2011)



Slika 6.21: Primer modularnega robota - paralelni manipulator

Vir: <http://155.69.254.10/users/risc/www/para-intro.html> (14.12.2011)



Slika 6.22: Primer modularnega robota - planarni modularni robot

Vir: <http://155.69.254.10/users/risc/www/para-intro.html> (14.12.2011)

ROBOTSKA PRIJEMALA

Prijemala lahko delimo na več načinov, in sicer:

- po vrsti medija oziroma načinu ustvarjanja sile;
- po načinu odpiranja;
- po številu prstov;
- po velikosti sile oziroma hoda in
- po namenu uporabe.

PRIJEMALA PO VRSTI MEDIJA OZIROMA NAČINU USTVARJANJA SILE

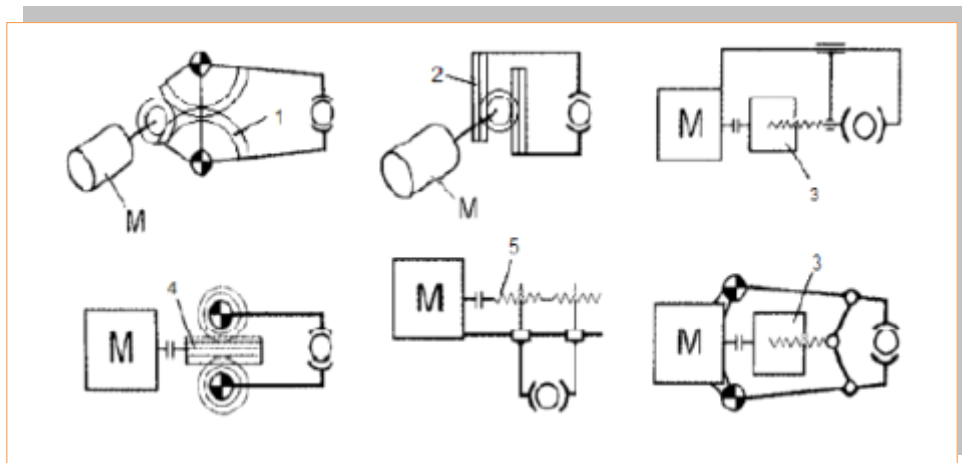
Poznamo pnevmatski, hidravlični in električni pogon prijemal.

Pnevmatski in hidravlični pogon sta najpogosteje uporabljena pri prijemalih s silo oziroma stiskom. Aktiviranje je zagotovljeno s pnevmatskimi cilindri, ki so zelo robustni in odporni na obremenitve.

Možni sta dve izvedbi:

- delovanje valja v obe smeri ali
- delovanje valja v eno smer in nato vračanje v drugo smer s pomočjo vzmeti.

Na delovanju vretenskih ali zobniških prestavnih razmerjih temelji večina elektromehanskih pogonov, uporabljenih pri prijemalih. Njihov delež na trgu sicer ni visok, a je vseeno veliko izvedb.



Slika 6.23: Različne izvedbe prijemal z elektromehanskim pogonom

Vir: Strega in monaža, D. Noe, J. Krpač, FS 1989

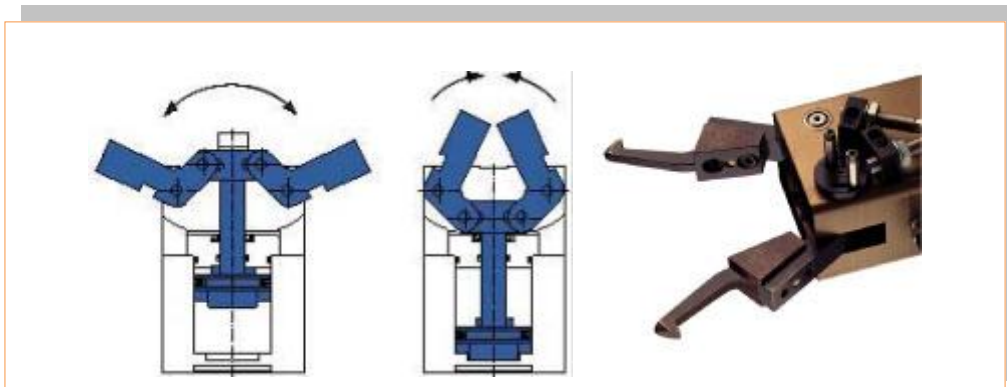
PRIJEMALA PO NAČINU ODPIRANJA

Glede na način odpiranja poznamo vzporedna, kotna ter kotna prijemala s polnim odpiranjem.



Slika 6.24: Vzporedna prijemala

Vir: <http://www.de.schunk.com> (16.12.2011)



Slika 6.25: Kotna prijemala

Vir: <http://www.de.schunk.com> (16.12.2011)



Slika 6.26: Kotno prijemalo s polnim odpiranjem

Vir: <http://www.de.schunk.com> (14.12.2011)

PRIJEMALA PO ŠTEVILU PRSTOV

Po številu prstov delimo prijemala na dvoprstna, triprstna ali večprstna.

	točkovni stik	dvotočkovni stik	večtočkovni stik
1-prstna prijemala			
2-prstna prijemala			
3-prstna prijemala			

Slika 6.27: Delitev prijemal glede na število prstov

Vir: Lastni

PRIJEMALA PO VELIKOSTI SILE OZIROMA HODA

Glede na velikost sile oz. hoda poznamo miniaturna prijemala, univerzalna prijemala ter prijemala za velike sile in hode.



Slika 6.28: Prijemala po velikosti sile oz. hoda

Vir: http://www.omega.com/pptst/RPM_Series.html (16.12.2011)

PRIJEMALA PO NAMENU UPORABE

Po namenu uporabe ločimo:

- prijemala za splošno uporabo;
- prijemala z vpenjali za uporabo na obdelovalnih strojih;
- prijemala za uporabo v prehrambeni industriji;
- prijemala za modularne sisteme za potrebe testiranja in učenja ter
- prijemala za raziskovalne namene (univerze, inštitute).



POVZETEK

Glavne lastnosti robota so fleksibilnost, reprogramabilnost in adaptivnost, kar pomeni, da lahko namembnost in uporabo relativno enostavno spremenimo. Robota ne smemo zamenjati z avtomatom, ki je neadaptiven, ker je prirejen za že vnaprej določena dela. Avtomat je težko hitro in poceni prirediti za drugo delo. Medtem ko robotu določimo mesto inobliko njegovega prijemala, lahko predvidimo tudi npr. povečanje proizvodnje, začetek izdelave novega izdelka, zamenjavo oblike izdelka ipd. Vrh robota se giblje glede na način zgradbe robota. Če uporabimo tri translatorska gibanja, se vrh giblje po pravilih kartezijevega koordinatnega sistema. Lahko sestavimo tudi cilindrično in sferično konfiguracijo. Industrijski roboti pa so najpogosteje kombinirane zgradbe. Da bi si olajšali delo, ljudje že od vsega začetka odkrivajo orodja. Zaradi tega je prišlo tudi do razvoja robotov, namenjenih za prevzem dela človeških rok in s tem do razvoja in uporabe robotskih prijemal. S pomočjo robota lahko v krajšem času opravimo veliko več dela in s tem človeka razbremenimo predvsem težkih in zdravju škodljivih del. Z direktnim kontaktom robotskih prijemal je poenostavljeno delo na vseh področjih avtomatizacije. Le z dobrim poznavanjem in posledično izkoriščanjem robotskih prijemal lahko pridemo do optimizacije proizvodnje.



PONOVIMO

1. Kakšna je razlika med robotom in avtomatom?
2. Katere vrste robotov poznamo glede na zgradbo?
3. Pojasni pojem delovni prostor robota.
4. Katere vrste robotskih prijemal poznate?
5. Katere so najpogostejše oblike robotskih prijemal?
6. Opiši potek izvajanja aplikacije prijemanja.
7. Opiši, katera robotska prijemala poznamo glede na način odpiranja.
8. Opiši razdelitev prijemal glede na namen uporabe.

7 UPORABA INDUSTRIJSKIH ROBOTOV

Industrijski roboti so uveljavljeni že v skoraj vseh proizvodnih procesih. Na novejših področjih pa se v veliki meri uveljavljajo roboti z možnostjo lastnega odločanja, mobilni roboti ipd. Uporaba robota je omejena na področja, kjer delo zahteva inteligentne odločitve ter vzorce kreativnosti.

VARJENJE

Za manipulacijo varilnih orodij je uporaba industrijskih robotov pomembna in se zato zelo hitro razširja. Poznamo dve metodi robotske tehnike varjenja: točkovno uporabno varjenje in električno varjenje z elektrodami.



Slika 7.1: Varilni robot

Vir: <http://www.ifr.org/news/members-press-release/valk-welding-netherlands-ifr-partner-255/> (16.12.2011)

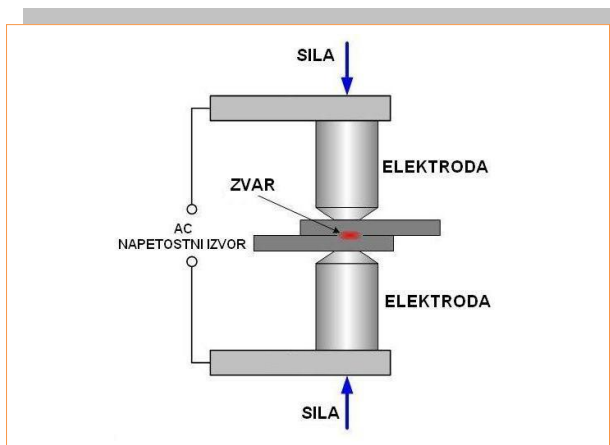
TOČKOVNO UPOROVNO VARJENJE

V robotiki se točkovno uporovno varjenje uporablja v proizvodne namene takrat, kadar hočemo združiti več pločevinastih elementov v enega. Pri tem morajo biti pločevinaste komponente že predhodno pritisnjene ena ob drugo. Točki, kjer se pločevini stikata (ležita ena na drugi), robot z elektrodami približa varilne klešče, bakreni elektrodi klešč pa stisneta pločevinasti komponenti v želeni točki uporovnega vara ter spustita tok skozi elektrodi in obe plasti pločevin. Pri tem morajo biti bakrene klešče skupaj s hladilnimi telesi dovolj hladne, da se ne začneta taliti, medtem ko se stalita obe plasti pločevine, in sicer le v točki, kjer se elektrodi dotakneta površine obeh pločevin. Ko se elektrodi odmakneta, se tok skozi pločevino prekine in se prične rekristalizacija raztaljenega materiala pločevin. Pri ponovni vzpostavitvi kristalne mreže zavarjenega mesta obeh kosov pločevin, zvar trdno drži skupaj oba kosa pločevine.

Programer mora upoštevati operacije tipičnega točkovnega varjenja, ki si sledijo po naslednjem vrstnem redu:

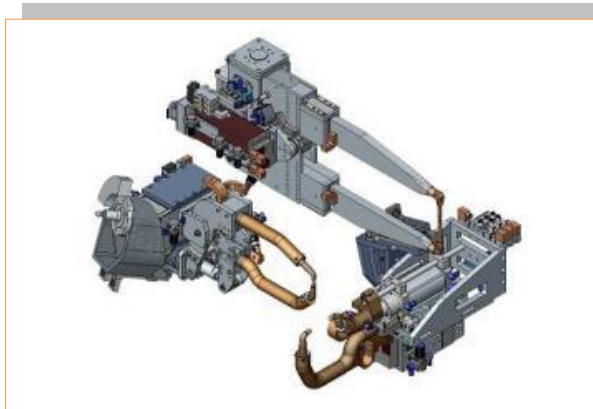
- postavitve vrhov elektrod na pravo mesto s pravo orientacijo;
- stisk elektrod (klešč);
- varjenje;
- zadrževanje;
- odmik elektrod (razteg klešč);
- odmaknitev klešč oz. premaknitev le-teh v drugo točko.

Varilne klešče z elektrodami imenujemo tudi varilne pištole in so večinoma sestavljene iz sovpadajočih elektrod in mehanizma klešč. Poznamo več vrst varilnih pištol, večinoma pa so namenjene za lažji doseg raznih točk na varjencih. C-varilna pištola ima eno fiksno in eno premakljivo elektrodo, kleščna varilna pištola pa ima obe elektrodi premakljivi.



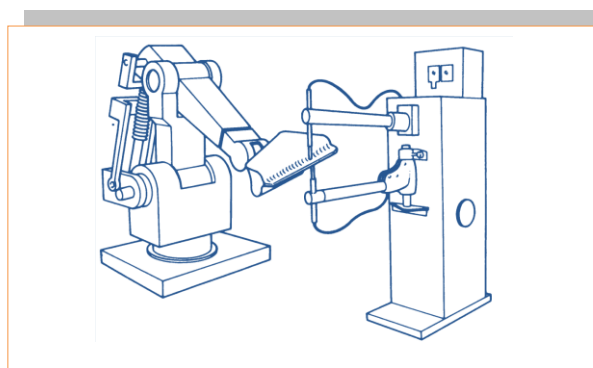
Slika 7.2: Princip točkovnega varjenja

Vir: Lastni



Slika 7.3: Kleščna in c-varilna varilna pištola

Vir: http://www.xmeco.com/Products/products_Robot/tabid/110/Default.aspx (17.12.2011)



Slika 7.4: Varjenje z robotom ob kleščni varilni postaji

Vir: Lastni

ELEKTRIČNO VARJENJE Z ELEKTRODAMI

Za varjenje po konturah se uporablja električno varjenje z elektrodami oziroma MIG (metal InertGas) varjenje in je bistveno težje kot točkovno varjenje. To je varjenje metalov v inertni zaščitni atmosferi. Proces varjenja se sestoji iz povzročanja električne iskre med žico elektrode in materialom varjenca. Toplota iskre tali tako varilno žico elektrode kot sam material varjenca in zaliva razpoko med omeščanima kosoma obeh varjencev.

Ko se material rekristalizira nastopi trden var med obema varjencema in ju s tem združi v enoviti kos. Ker se varilna žica elektrode rabi zelo pogosto, jo mora posebna avtomatska podajalna naprava s konstantno hitrostjo podajati (riniti) v smer razpoke med varjencema. Ker mora biti omeščen (raztaljen) material zaščiten pred atmosferskim vplivom kisika, se na mesto varjenja dodaja mešanica inertnega plina, ki je tipično sestavljena iz 85 % argona in 15 % ogljikovega dioksida.

Električno varjenje z elektrodami je še dodatno zapleteno, ker se mora po celotni konturi varjenja določati tudi natančna orientacija varilnega orodja in hitrost gibanja vrha varilnega orodja (hitrost gibanja vrha varilnega orodja mora sovpadati s hitrostjo pomika varilne žice) in ne samo položaja vrha varilnega orodja v danem trenutku. Pri takšnem šivnem varjenju je potrebno še ves čas izvajati cik-cak gibanje po osnovni konturi gibanja. V primeru, ko varilna razpoka pri serijski proizvodnji ni vedno na istem mestu, kvaliteta varjenja po konturi zelo trpi. Za rešitev tega problema so razvili zapleten vizualni sistem, ki ugotavlja lego varilne razpoke in sam avtomatsko popravlja konturo varjenja, ki je trenutno na vrsti. Tak vizualni sistem zmore nadomestiti zgolj manjša (nekaj mm) odstopanja od predprogramirane varilne konture. Vizualni sistem za odkrivanje razpoke varjenja sloni na laserski svetlobi in kameri, ki jo zajema. Kamera mora tudi filtrirati ultravijolno sevanje, ki ga povzroča oblok električnega varjenja. Ponavadi je vizualni sistem fokusiran nekaj mm vnaprej po konturi in ugotavlja razdaljo med želeno in dejansko konturo razpoke in on-line daje korekcijske podatke robotskemu krmilniku za položaj nekaj mm vnaprej po konturi.

STROJNA OBDELAVA

Tipične aplikacije strojne obdelave z roboti so:

- ulivanje v kalupe;
- rezanje pločevine;
- brušenje;
- poliranje;
- vrtanje in
- rezkanje.

Te aplikacije pogosto zahtevajo manualno delo človeške delovne sile v težkih delovnih okoljih, zato se je tudi uporaba robotov pri teh aplikacijah najprej obnesla ne samo zaradi ekonomskih, ampak predvsem zaradi socialnih zakonitosti.

V splošnem velja, da se roboti uporabljajo za strojno izdelavo v primerih, ko:

- delovna naloga zahteva velik delovni prostor;
- veliko (skoraj človeško) spretnost (gibljivost) v točki orodja;
- zapleteno delovno obliko;
- majhno natančnost dela in
- relativno majhne sile na vrhu orodja.

IZBIRA ROBOTA ZA STROJNO OBDELAVO

Poznamo dva tipa robotov za strojno obdelavo:

- robot s človeškimi karakteristikami in
- robot s strojnimi karakteristikami.

PALETIZACIJA

Paletizacija je po pakiranju prva sodobna transportna tehnologija, ki se je v teku stoletnega razvoja razvila skoraj v vseh industrijsko razvitih državah. Je celota organizacijsko povezanih sredstev za delo in tehnoloških postopkov. Namen procesa paletizacije je na paletah povezati posamezne manjše, kosovne tovore v večje tovarne enote in s tem omogočiti neprekinjeno verigo v procesu distribucije od surovinske baze do končnih potrošnikov. Palete se uvajajo v proizvodne, transportne, skladiščne in distribucijske postopke, pri čemer njihova množična uporaba močno vpliva na racionalizacijo proizvodnih procesov, večanje produktivnosti ob hkratnem zmanjševanju stroškov.

Paleta je namensko izdelana (najpogosteje lesena) podloga, na katero se po ustaljenih pravilih zлага kosovni tovor (na primer kartonaste škatle, vreče, bale, zaboje) z namenom oblikovati večje, standardizirane tovarne enote, s katerimi varno, enostavno, hitro in racionalno manipuliramo in izvajamo transport.



Slika 7.5: Avtomatizirano zlaganje vreč na palete v JUB-u (Pakman)

Vir: www.pakman.si (17.12.2011)

RAZVOJ PALETIZACIJE

V začetku petdesetih let se je v Združenih državah Amerike pojavil paletni integralni sistem ter uporaba ravnih in boks palet na principu mednarodne menjave. Kasneje se je razširilna Švedsko, Švico in v Nemčijo in v druge evropske države. Masovna širitev je posledica mnogih prednosti, ki so izražene skozi pozitivne ekonomske učinke. Stopnja paletizacije in trend njene rasti je največji v industrijsko razvitih državah. Z uveljavitvijo tega sistema se je ustvarila prva faza večjih, manipulativno transportnih enot, ki se je odrazila v hitrejšem prometu blaga, znatnem zmanjšanju poškodb blaga in občutnem znižanju stroškov proizvodnje.

Palete so se najprej uporabljale izključno za pretovarjanje generalnega tovora v pristaniščih. V ta namen so uporabljali palete večjih dimenzij, kot so današnje – standardne. Vse prednosti palet so bile izkoriščene šele takrat, ko je paleta začela krožiti od proizvajalca do potrošnika in nazaj. Uporaba viličarjev za prevažanje palet od ladij do skladišč in obratno je dodatno povečala produktivnost manipuliranja s paletami. Nekatere izvedbe ladij omogočajo pretovarjanje palet z viličarji iz ladje na kopno in obratno preko prekladalne rampe. Ta metoda spremeni smer pretovarjanja tovora od vertikalnega k horizontalnemu in tako skrajša čas manipuliranja ob hkratni zmanjšani potrebi po delovni sili.

CILJI PALETIZACIJE

Glavna cilja paletizacije sta zbiranje, združevanje raznovrstnega kosovnega blaga v večje, standardizirane manipulacijsko transportne enote tovora in povratni tok praznih palet.

Posledično dosežemo tudi:

- pospeševanje manipulacij in prevoza tovora;
- zmanjševanje ali popolna izključitev fizičnega dela v procesu manipuliranja s tovorom;
- povečevanje izkoriščenosti skladiščnih zmogljivosti, kapacitet transportnih in blagovno trgovskih centrov;
- optimalno izkoriščanje prometne infrastrukture;
- povečevanje hitrosti, varnosti in racionalizacije procesa prometnih storitev;
- povečevanje delovnega učinka;
- zniževanje stroškov.



Slika 7.6: Paletizacija in depaletizacija sodčkov

Vir: www.abb.com (17.12.2011)

Robot s človeškimi karakteristikami

Znan je tudi pod imenom procesni robot. Ker je namenjen nalogam, ki so sicer prilagojene človeku, je tudi enake velikosti kot človek, je antropomorfen (robotska roka s tremi prostostnimi stopnjami in z zapestjem, ki ima 2 do 3 prostostne stopnje), kar mu omogoča skorajda spretnosti človeškega delavca. Najpomembnejša spretnost, ki se zahteva od takšnega robota je, da vrh robota (orodja) sledi zapletene zvezne krivulje v svojem delovnem prostoru, kar zahtevajo delovna opravila, kot so pršenje, rezkanje, odrezavanje itd. Procesni robot mora tudi biti hiter (vsaj tako hiter kot človek pri enakem opravilu).



Slika 7.7: Dvoročni robot za sestavljanje

Vir: www.motoman.si (18.12.2011)

Robot s strojnimi karakteristikami

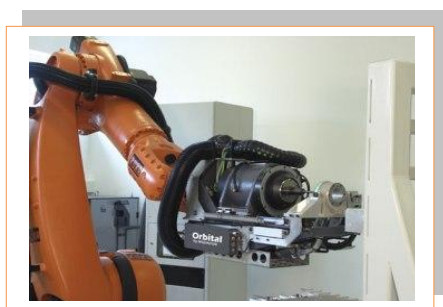
Ta robot ima karakteristike podobne strojnici (majhni delovni prostor, velika natančnost in ponovljivost, natančnost pri velikih obremenitvah, trdnost in slabša spretnost – ni prilagodljiv raznolikim nalogam). Idealno bi bilo, če bi roboti, ki jih uporabljajo pri strojni izdelavi, imeli boljše lastnosti tako robotov s človeškimi kot strojnimi karakteristikami, vendar je to nemogoče, kajti večji ko je delovni prostor in hkrati več, ko je prostostnih stopenj, bolj je mehanizem robota elastičen in tem slabša je natančnost in ponovljivost. CNC-stroji (primer robota s samo strojnimi karakteristikami) s svojimi 2-3 prostostnimi stopnjami in do desetkrat manjšim delovnim prostorom, imajo natančnost in ponovljivost +/- 0.003 mm proti cca 0.5 mm pri robotih s človeškimi karakteristikami.

Gotovo je natančnost in ponovljivost robotov pod obremenitvami (ko npr. robotska roka proizvaja silo rezkanja) bistveno slabša kot pri CNC-stroju. Zaradi tega se procesni roboti ne morejo uporabljati za strojne obdelave, ki zahtevajo veliko silo za izvajanje izdelave (sila rezkanja, sila rezanja, brušenja itd.). Seveda imajo procesni roboti bistveno večjo spretnost kot npr. CNC-stroj, ker imajo tri prostostne stopnje robotske roke, kar omogoča doseg vsake točke znotraj delovnega prostora ob hkratni poljubni orientaciji orodja.

Roboti za strojno izdelavo so primerni za aplikacije, kjer je potrebno orodje (rezkar, sveder, itd.) prenašati po velikem delovnem prostoru, po zapletenih krivuljah nad površino obdelovanca in izvajati operacije dela s spretnostjo človeka. Seveda vse skupaj ob nizkih natančnostih in ponovljivostih s hitrostjo dela, ki je primerljiva hitrosti človeškega delavca.

APLIKACIJE UPORABE ROBOTA PRI STROJNI OBDELAVI

Vrtanje je ena najpogostejše opravljenih delovnih nalog robotov pri strojni izdelavi. Zahteva čim natančnejše pozicioniranje vrha svedra (vrh orodja) nad površino obdelovanca pod pravilno orientacijo. Premer luknje in hitrost vrtanja, ki jo robot lahko izvrti je gotovo odvisna od sile, ki jo lahko robot izvede na vrhu orodja, ne da bi izgubil na že tako ali tako slabi natančnosti.



Slika 7.8: Vrtanje z robotom

Vir: <http://www.mmsonline.com/blog/post/whats-robotic-orbital-drilling> (14.12.2011)

Rezkanje je delovna naloga, ki je podobna vrtanju, pri čemer mora robot slediti zadani krivulji na površini robota in odrezavati material.



Slika 7.8: Robotsko rezkanje

Vir: www.kuka.de (18.12.2011)

Finiširanje in poliranje sta nalogi, ki sta podobni rezkanju z razliko, da ne sledi zgolj krivulji, ampak celotni površini obdelovanca.



Slika 7.9: Finiširanje in poliranje

Vir: www.kuka.de (18.12.2011)

Rezanje pločevine z laserjem je naloga, kjer vrh orodja čim natančneje sledi zadani krivulji.



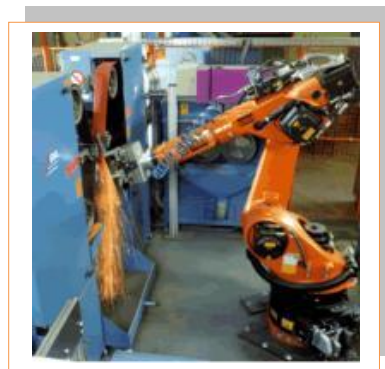
Slika 7.10: Robot z laserskim orodjem

Vir: www.kuka.de (18.12.2011)

Brušenje je bistveno bolj zapletena operacija kot prej navedene naloge. Na tržišču se pojavljajo bolj ali manj zapletene aplikacije brušenja z ali brez senzorjev sile, ki merijo silo

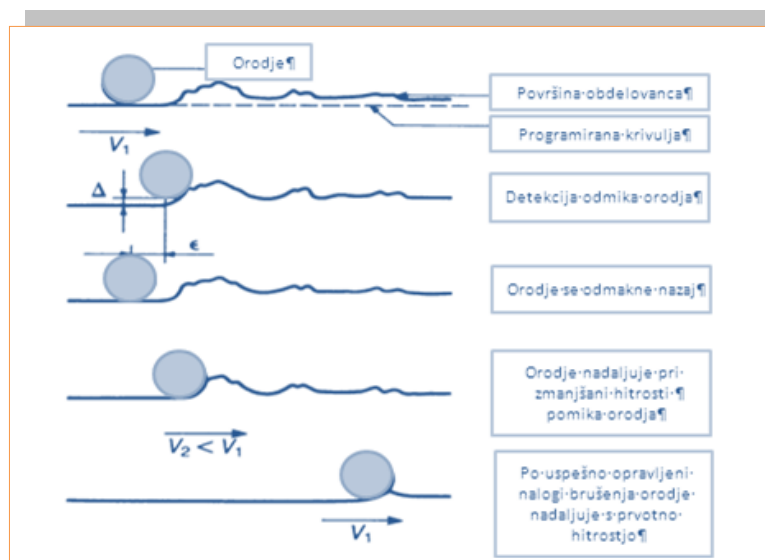
pritiska orodja (brusni kolut) na obdelovanec, vendar je vsem isti naslednji algoritem, ki ga v osnovi lahko izvedemo tudi brez dragih in zapletenih senzorjev sile.

Slika spodaj prikazuje najpomembnejše faze izvajanja brušenja z antropomornim robotom in brusnim kolutom. Take aplikacije omogočajo enostavnejše naloge, kot so brušenje odlitkov po mestu spoja kalupa, kot tudi brušenje velikih površin trdih materialov površine tnala in nakovala pri velikih prešah za stiskanje pločevine v avtomobilski industriji.



Slika 7.11: Robotsko brušenje

Vir: www.kuka.de (18.12.2011)



Slika 7.12: Korekcija poti ob uporabi senzorja sile ali brez njega

Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (18.12.2011)

Ko se orodje (vrteči se brusni kolut) pri veliki hitrosti $V1$ odmakne za Δ (detektira jo senzor sile ali pa senzor položaja), se orodje odmakne nazaj za ϵ in nato ponovno krene v predhodni smeri, vendar tokrat z zmanjšano komponento hitrosti $V2 < V1$, tako da dalj časa brusi po istem mestu in s tem odreže dovolj materiala, da se ne odmakne od zadane krivulje. Po opravljeni nalogi brušenja nadaljuje orodje svojo pot, spet s hitrostjo $V1$. Predhodno opisana metoda brušenja je kontaktna metoda, medtem ko nekontaktne metode uporabljajo za merjenje odmika ali pa za odstopanje dejanske krivulje od zadane tudi fotosenzorje.

RAZPRŠNO BARVANJE Z ROBOTOM

Najstarejša znana aplikacija uporabe robota v industrijskem okolju je uporaba robota za razpršno barvanje. Še danes je zelo razširjena, predvsem zaradi težkih delovnih pogojev za človeka, ki vladajo pri takšnih delovnih nalogah. Ti roboti iz šestdesetih let prejšnjega stoletja so bili zelo primitivni, a so zaslužni za zelo pomembno inovacijo na področju robotike – učenje z vodenjem (teach-in ali teachbyleading ali techbyshowing). Dejansko lahko za takšne aplikacije uporabimo vse vrste antropomorfnih robotov, ki imajo na svojem vrhu pritrjeno pištolo za razpršno barvanje. Roboti morajo biti dobro zaščiteni pred izredno agresivno atmosfero, ki vladajo v okoljih, kjer se uporablja razpršno barvanje.



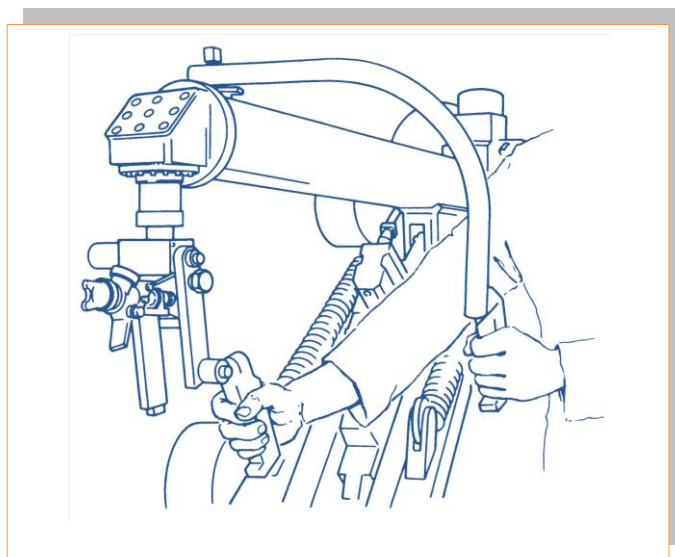
Slika 7.13: V realnem okolju industrijski roboti barvajo izdelke

Vir: http://www.123rf.com/photo_10858115_industrial-robot-painting.html (18.12.2011)

PROGRAMSKA TEHNIKA »UČENJE Z VODENJEM«

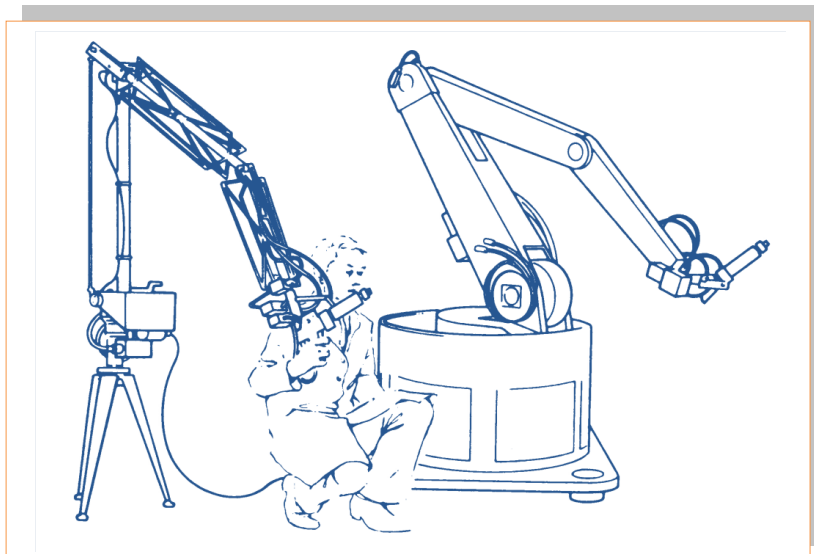
Vsi roboti, ki jih uporabljajo za aplikacije razpršnega barvanja, so programirani s tehniko »učenje z vodenjem«. To programiranje izvaja programer (operator) robota v posebnem načinu delovanja (učenje z vodenjem), kjer med programiranjem operater vodi vrh robota s posebno kljuko (glej sliko 26), ki je pritrjena tik zraven razpršne pištole. Robotska roka v tem primeru pasivno sledi kljuki in s tem spremlja gibe operaterja, ki za premikanje robotske roke ne rabi neke bistvene sile za premik mehanizma robotske roke. Operater izvaja gibe, ki so potrebni za barvanje, robotski krmilnik (posebna procedura) pa si natančno zapomni vse gibe (položaje in orientacijo pištole v danem trenutku delovnega cikla).

Po končanem programiranju s postopkom učenje z vodenjem je robot sposoben ponoviti »naučene« gibe in jih venomer ponavljati. Seveda je takšno vodenje vrha robota v neposredni bližini robota neprijetno in nevarno opravilo, zato so razvili lahko učno roko, ki učni postopek s tehniko učenja z vodenjem še olajša, čeprav rabi operater nekaj več časa, da se nauči delati z njo. Slika prikazuje operaterja pri programiranju robota z lahko učno roko. Vidimo, da lahka učna roka v celoti posnema kinematiko robota in vsebuje senzorje položaja za posamezne osi robota, ne vsebuje pa motorjev.



Slika 7.14: Učenje z vodenjem pri uporabi kljuke

Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (18.12.2011)



Slika 7.15: Učenje z vodenjem pri uporabi učne roke

Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (18.12.2011)

UPORABA HAPTIČNIH NAPRAV V ROBOTIKI

Človek ima pet čutil: sluh, vonj, vid, okus in tip. Čutilo tipa daje človeku ogromno informacij o stvareh, ki ga obkrožajo. Če vzamemo za primer gobo, s katero brišemo šolsko tablo: s pomočjo vida dobimo občutek o tem, kakšne barve je, zaznavamo njeno obliko, ampak še vedno ne vemo, kakšna je njena površina, kakšna je njena trdnost. Ta občutek dobimo šele, ko jo primemo v roke in s pomočjo čutila tipa zaznamo njene lastnosti. Tako dandanes v mnogih računalniških aplikacijah s pomočjo čutila vida zaznamo, kaj se dogaja, vendar še zmeraj tega ne moremo pravilno občutiti in v takšnih primerih se vedno pogosteje uporablja haptika. Haptika je znanost združitve čutila dotika in nadzora računalniških aplikacij skozi odtipanje narejenega [5]. Haptika je zelo mlada veda, ki v prihodnosti veliko obeta. Samo področje haptike se deli na več področij, in sicer:

- človeška haptika se ukvarja s študijem človeških čutil in njihovo uporabo;
- strojna haptika se ukvarja z načrtovanjem strojev, ki nam dajo občutek narejenega;
- računalniška haptika se ukvarja z razvojem programskih orodij, ki nam dajo občutek v virtualnem okolju.

Človeška haptika

Razvoj haptičnih naprav je usmerjen v čim boljše interakcijo med človekom in strojem. Mehanska struktura človeške roke je sestavljena iz zapletene razporeditve 19 kosti, ki so povezane v sklepe in prekrite s kožo. Na kosti je pritrjenih približno 40 mišic, ki preko kit premikajo roko v 22 prostorskih stopnjah. Senzorski sistem vključuje veliko število različnih razredov sprejemnikov in živčnih končičev v koži, kitah in mišicah. Mehanične sile, termične spremembe in kemične reakcije stimulirajo oz. aktivirajo sprejemnike, ki vzorčijo te spremembe in jih po živčnem omrežju pošiljajo v centralni živčni sistem, ki nanje ustrezno reagira in pošilja po živčnem omrežju ustrezne ukaze. Če se dotaknemo vročega predmeta npr. kuhinjske plošče, podzavestno umaknemo površino roke od vročega predmeta. V samem človeškem telesu se torej odvija zanka med centralnim živčnim sistemom in živčnimi končiči v telesu.

Strojna haptika

Haptična naprava daje človeku informacijo o tem, kaj se dogaja v virtualnem svetu. Zelo pogosta aplikacija je teleoperiranje robota na daljavo. Na računalniškem zaslonu vidimo robota, ki ga vodimo po njegovem delovnem prostoru. Ko vrh robota pride do končne točke v robotski celici, to na zaslonu vidimo, vendar nimamo občutka, kaj se zares dogaja. Ta občutek nam daje haptična naprava. Ob samem dotiku robota z oviro oziroma ko pride orodje robota do končne lege, lahko to s haptično napravo občutimo, saj nam na haptična naprava generira virtualno limito v obliki nasprotno sile, ki jo občutimo na ročici haptične naprave. Tako nam ročica omogoča vodenje robota po robotski celici in nam obenem daje občutek o tem, kaj se z robotom dogaja, čeprav fizično nismo prisotni v robotski celici. Tako lahko rečemo, da imajo haptični vmesniki dve pomembnejši funkciji. Kot prvo lahko navedemo izvedbo merjenja pozicije v prostoru in generiranje sile na haptični ročici, ki jo lahko uporabnik občuti, in kot drugo lahko navedemo prikaz pozicije in sile na zaslonu z ustrezno podprto programsko opremo.

Naša želja je dobiti čim ostrejši občutek o tem, kaj se dogaja v virtualnem prostoru. Zato je pomembno, da nam nudi haptični vmesnik dovolj hitro osveževanje. Pomembna pa je tudi ergonomija haptične naprave, ki omogoča uporabniku lažje delo z njo.

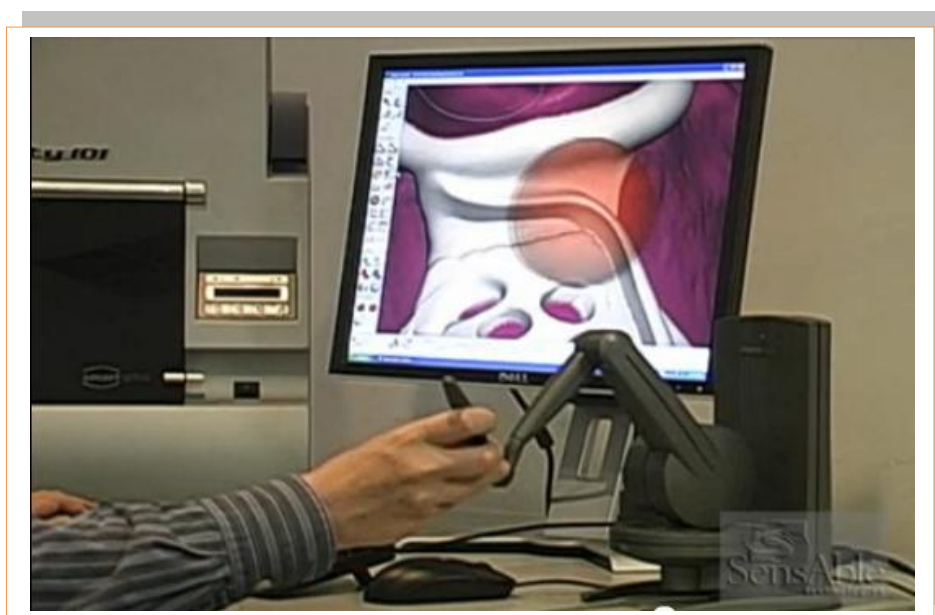
Računalniška haptika

Računalniška haptika je veja znanosti, ki nam omogoča modeliranje tridimenzionalnih objektov. Izdelki in polizdelki postajajo vse bolj kompleksni. Zato samo načrtovanje in oblikovanje izdelka v programu, ki podpira tridimenzionalno načrtovanje ni dovolj. Računalniški program nam omogoča načrtovanje in oblikovanje izdelka, vendar je kompleksnost izdelka tako velika, da ne moremo dobiti prave predstave o njem. Tu nam je v veliko pomoč haptični vmesnik, ki nam ob ustrezni programski podpori da občutek, kakšen je v resnici model. Sam izdelek lahko otipamo, kot bi ga imeli v rokah. Pri izdelkih in polizdelkih ni pomembna samo zunanost, ampak je pomembna tudi notranost izdelka (npr. pri izdelavi zapletenega ohišja ni pomembna samo estetika in oblika ohišja, temveč je pomembna tudi notranja namestitvev nosilcev ohišja in postavitvev pritrdilnih mest itd.). Vso to zaznavanje in oblikovanje nam omogoča haptični vmesnik in ustrezno programsko okolje.

Primeri uporabe haptične naprave

Uporaba v zobozdravstvu

Veliko razvoja na področju haptike je usmerjeno v zobozdravstvo, in sicer v izdelavo dentalnih pripomočkov. Še pred časom so posamezne pripomočke oblikovali ročno, dandanes pa nam ustrezna orodja izdelajo popolnoma avtomatsko. V prvem koraku moramo pridobiti odtis zobovja. Ta se pridobi tako, da pacient ugrizne v poseben material, kjer ostane odtis njegovih zob. Ta odtis nato z ustrezno kamero posnamemo in ga prenesemo v digitalno informacijo. Digitalno informacijo nato odpremo v posebnem programu, kjer lahko posamezni dentalni pripomoček oblikujemo. Dejansko imamo občutek, kot bi imeli pred seboj kos glin, ki ga gnetemo in oblikujemo. Zatem sledi proces izdelave. Izdelava se vrši s pomočjo rapidprototype tehnologije, ki omogoča zelo hitro izdelovanje [8]. Ta tehnologija nam predstavlja veliko prednost, saj lahko posamezni dentalni pripomoček oblikujemo zelo natančno in zelo precizno, kar pa predstavlja uporabniku, ki uporablja ta pripomoček veliko olajšanje. Haptična naprava se uporablja za učenje zobozdravnika pri delu z različnimi orodji, kjer se s pomočjo haptične naprave in simulatorja uči aplikacije vrtanja zobovja. Na spodnji sliki je prikazana haptična naprava za modeliranje zobnega aparata.



Slika 7.16: Prikaz aplikacije

Vir: <http://www.youtube.com/watch?v=u9jdhUvOmMw> (20.12.2011)

Uporaba v medicini

Vsi zdravstveni delavci potrebujejo po končani šoli ustrezno prakso, saj brez nje ne morejo začeti delati s pacienti. Haptična naprava z ustrezno programsko opremo predstavlja odličen simulator, ki omogoča mlademu zdravstvenemu osebju vajo. Če vzamemo za primer dajanje injekcije pacientu, se pri tem pojavi vprašanje, kako močno pritisniti samo iglo injekcije v kožo pacienta, pod kakšnim kotom nastaviti injekcijo in še mnogo drugih vprašanj. Na vsa ta in še druga vprašanja nam lahko odgovori simulator, kjer lahko dejansko dobimo enak občutek, kot če bi dajali injekcijo pacientu [9].



Slika 7.17: Prikaz uporabe haptične naprave v zdravstvu

Vir: <http://www.sensable.com/> (21.12.2011)

Haptična naprava in programski vmesnik delujeta v realnem času. To pomeni, da lahko medicinsko osebje dobi na haptični napravi enak občutek, kot bi delali s pacientom v ambulanti. Dejansko imajo v roki virtualno injekcijo in virtualno kožo oz. tkivo pacienta, v katero dajejo injekcijo. Programski vmesnik ima tudi vodiča, ki praktikanta vodi, kako naj določeno nalogo pravilno izvrši in mu na koncu da oceno glede na kakovost opravljene naloge. Program ima v svoji knjižnici še veliko primerov različni tipov injekcij in tudi situacij, katere mora praktikant reševati. Tako je za vsakega praktikanta pripravljena nova situacija, kar povečuje kvaliteto dela na simulatorju.



POVZETEK

Industrijski roboti so uveljavljeni že v skoraj vseh proizvodnih procesih. Na novejših področjih pa se v veliki meri uveljavljajo roboti z možnostjo lastnega odločanja, mobilni roboti ipd. Uporaba robota je omejena na področja, kjer delo zahteva inteligentne odločitve ter vzorce kreativnosti.



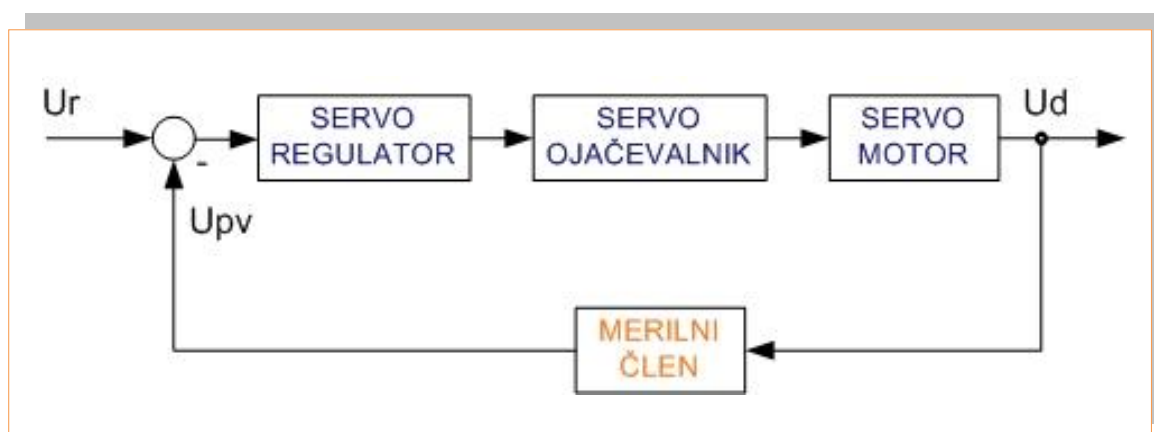
PONOVIMO

1. Katere načine robotskega varjenja poznamo?
2. Opiši točkovno varjenje z robotom
3. Pojasni delovanje in zgradbo varilnih klešč za točkovno varjenje.
4. Opiši električno varjenje z elektrodami.
5. Opiši aplikacije strojne obdelave z roboti.
6. Kakšni so cilji paletizacije?
7. Opiši uporabo haptičnih naprav v robotiki.

8 POGON IN TRANSMISIJA INDUSTRIJSKEGA ROBOTA

Osnovni elementi pogona robota so:

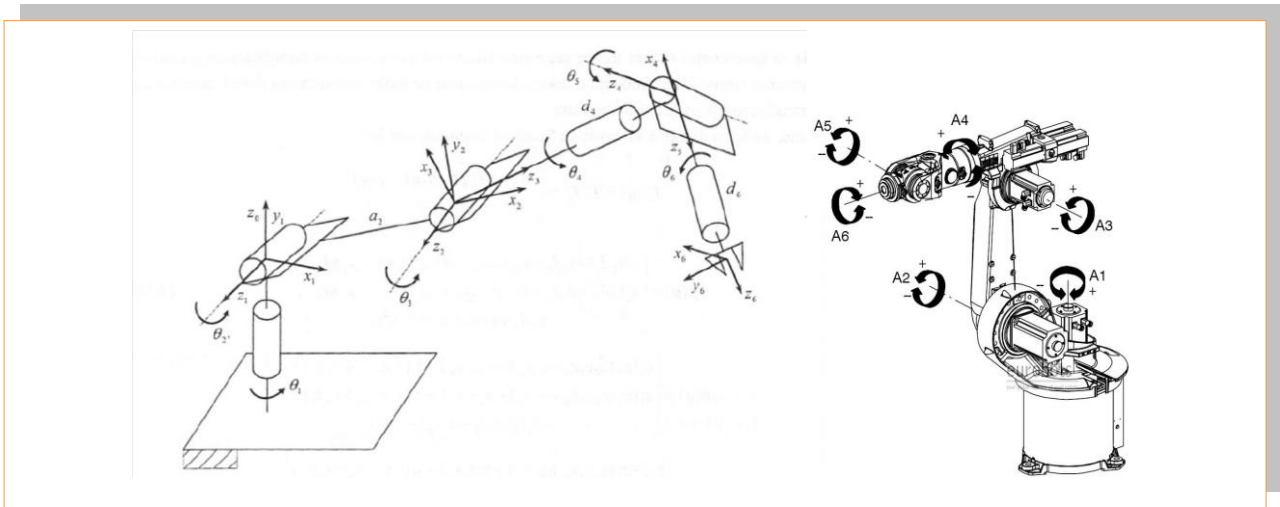
- servo regulator;
- servo ojačevalnik;
- servomotor z gonilom;
- merilni člen (optični enkoder, resolver), pritrjen na gred servomotorja.



Slika 8.1: Principalna shema vodenja robota

Vir: Lastni

Robotska kinematika, ki jo sestavljajo rotirajoče in/ali translacijske osi, **omogoča gibanje robota**. Posamezno os posredno preko harmonskega gonila poganja električni DC- ali AC-servo motor, za katerega je značilna majhna masa in posledično majhen vztrajnostni moment. Ker robota pozicioniramo, je na posameznih oseh tudi merilni sistem, s katerim merimo položaj posamezne osi. Industrijski robot je običajno voden po matematično določeni poti (matrika inverzne kinematike), zato mora imeti robot ustrezen krmilnik poti in hitrosti oziroma servoregulator.

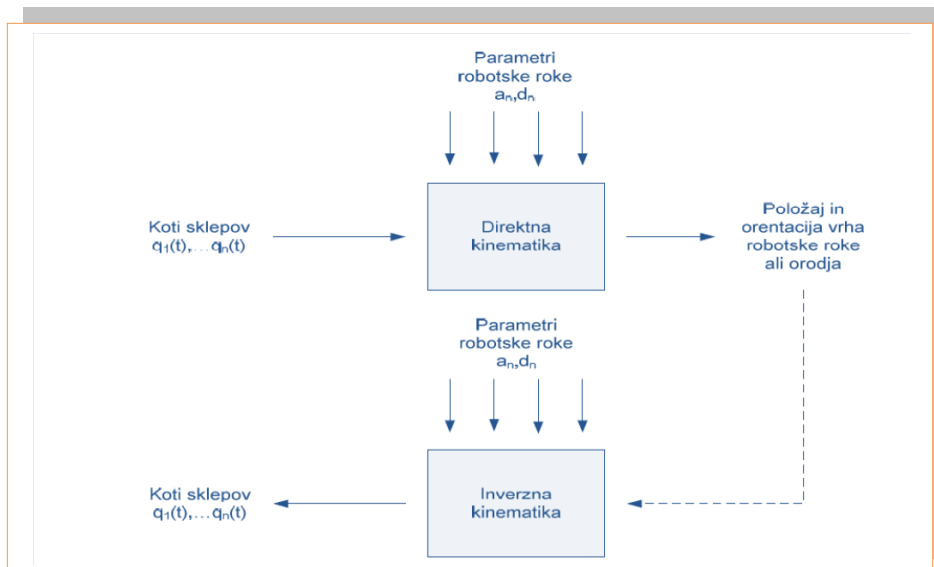


Slika 8.2: Odprta kinematična veriga robota

Vir: www.kuka.de (21.12.2011)

Kinematika je veja mehanike, v kateri preučujemo gibanje, ne da bi se zanimali za vzroke gibanja. Za obvladovanje robotskega manipulatorja moramo poznati njegovo kinematiko. V splošnem se pri kinematiki robotskega manipulatorja srečujemo z dvema vrstama problemov:

- **direktno kinematiko**,
- **inverzno kinematiko**.



Slika 8.2: Kinematika robotske roke

Vir: Lastni

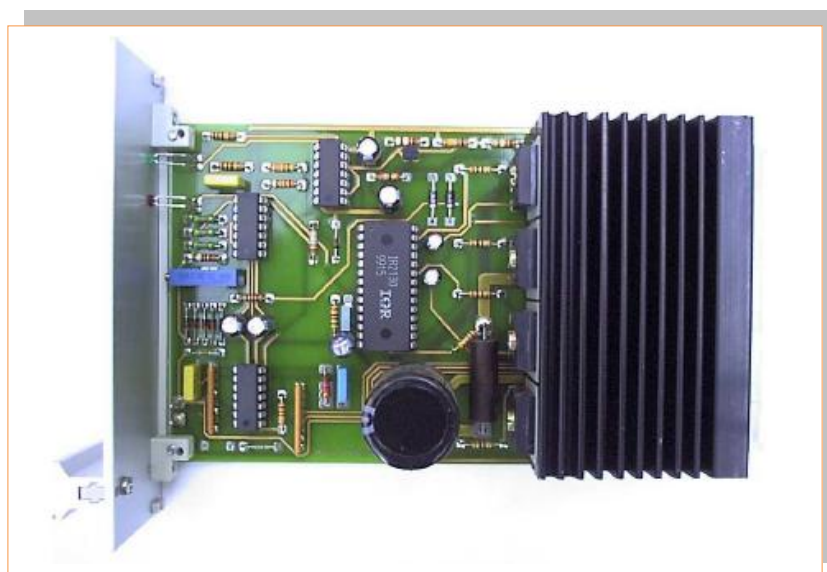
Običajno se lahko kinematični model robota izpelje z Denavit-Hartenbergovim (D-H) postopkom. Postopek D-H sta leta 1955 prvič predstavila Denavit in Hartenberg. Osnovna ideja postopka je, da je možno zapisati translacijske in rotacijske relacije med posameznimi členki robotske roke z matrikami dimenzij 4x4. Vsak členek in njegovo relacijo na predhodni členek lahko zapišemo z eno matriko 4x4. Z množitvijo vseh n matrik n-prostostnega mehanizma pa lahko zapišemo položaj in orientacijo vrha robota ali vrha orodja, če obstaja, v baznem koordinatnem sistemu robotske rok, kar v bistvu predstavlja direktne kinematične enačbe robotskega sistema.

Zapis enačbe direktnega kinematičnega modela v matrični obliki:

$$A_i^{i-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i & 0 & 0 \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha_i & -\sin \alpha_i & 0 \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Robotu podamo zunanje koordinate, krmilnik robota pa mora na podlagi zunanjih koordinat (x,y,z, r,p,j) izračunati kote (q) pomika posameznih osi. Temu lahko rečemo tudi direktni (vrh robota) in inverzni kinematični model robota (posamezne osi robota).

Servoregulator je naprava, ki omogoča ročno ali avtomatizirano vodenje servomotorja. Funkcije servoregulatorja so zagon (vklop in omogočitev pogona, »drive enable«) in zaustavitev motorja, določanje smeri vrtenja el. motorja, nastavitvev in regulacija hitrosti, nastavitvev navora in zaščita pred preobremenitvijo. **Servoojačevalnik** je običajno sklop servoregulatorja, ki signal ojača na nivo, primeren za vodenje določenega servomotorja.



Slika 8.3: Servopogon (regulator+ojačevalnik)

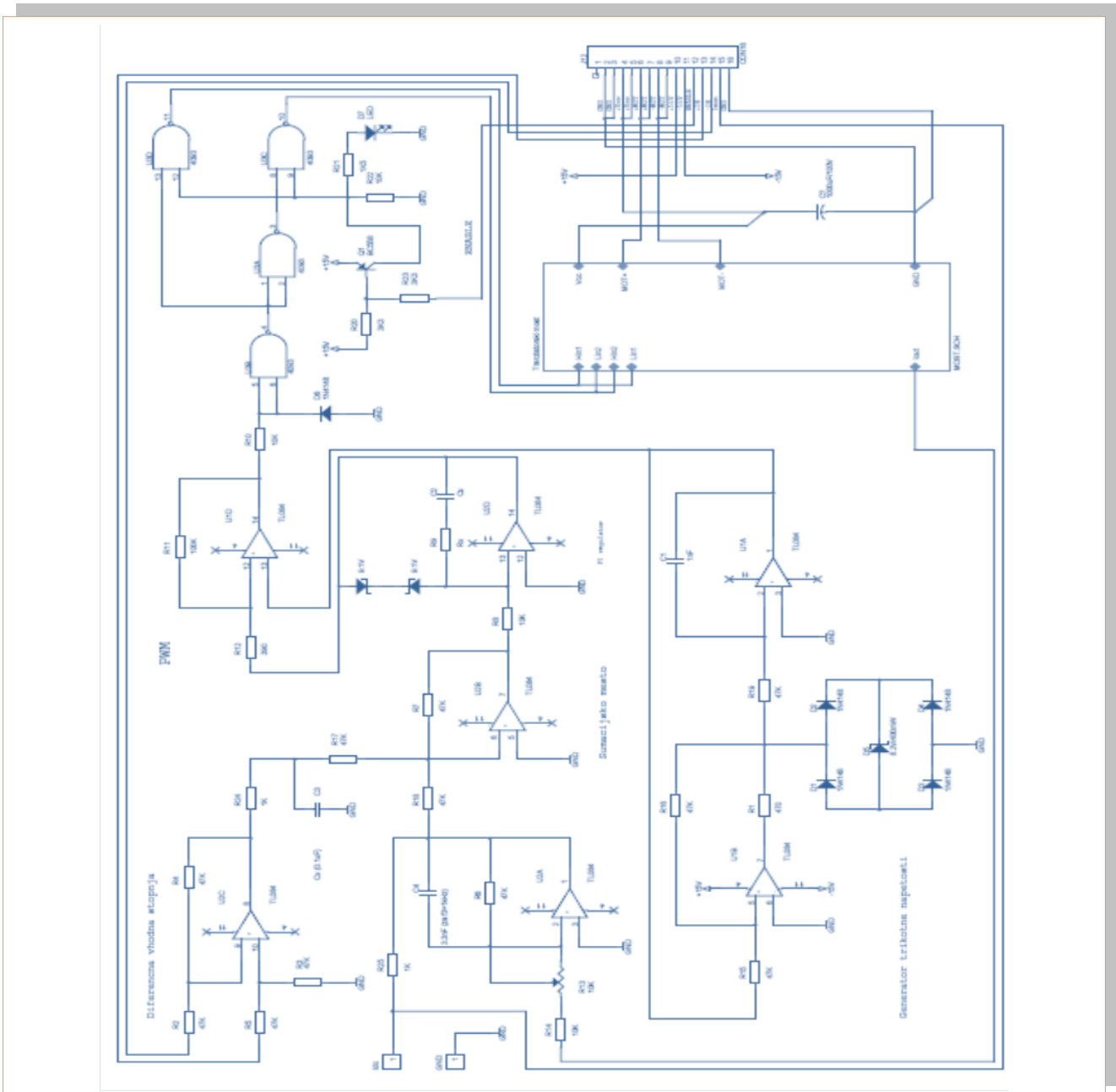
Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (22.12.2011)



Slika 8.4: Servomotor

Vir: *Mehatronika, Pasadena 2008*

Pojem servomotor oziroma servopogon se nanaša na električni motor, pri katerem merimo dejansko hitrost vrtenja ter pozicijo oziroma kot pomika gredi motorja. Merimo lahko tudi nazivni tok in posredno navor motorja. Poznamo AC- in DC-servomotorje. Meritev pozicije gredi je običajno izvedena z optičnim inkrementalnim dajalnikom stanja (enkoderjem).



Slika 8.5: Električna shema servoregulatorja

Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (22.12.2011)



Slika 8.6: Krmilna omara robota

Vir: Lastni



Slika 8.7 : Servoregulator pogona robota

Vir: Lastni

Poznamo različne vrste električnih motorskih pogonov:

ENOSMERNI MOTOR S PERMANENTNIMI MAGNETI

- enostavno vodenje
- nazivna moč od 100 W do 10 kW
- nazivna hitrost vrtenja od 1000–3000 min⁻¹
- nazivni pospešek motorja in mehanizma je določen z nazivnim momentom in vztrajnostjo motorja in delovnega mehanizma
- elektromehanska časovna konstanta znaša 15–150 ms, nazivni pospešek pa 1–1,5 rad/s²

ENOSMERNI MOTORJI POSEBNE IZVEDBE

- večji pospešek
- manjša vztrajnost rotorja
- zamenjava mehanskega komutatorja z elektronskim (brez ščetk, BLDC-motor)

SINHRONSKI MOTORJI S PERMANENTNIMI MAGNETI

- brezkontaktni elektronsko komutiran enosmerni motor
- z merilnikom položaja, ki generira signale za elektronski komutator
- glede na zgradbo armature statorja lahko imajo trapezni ali sinusni profil vodenja

ASINHRONSKI MOTORJI

- manjše dimenzije in teža
- robustni, poceni in enostavni za vzdrževanje
- bolj zapleteno vodenje (frekvenčna regulacija)
- metoda vodenja – vektorska, neposredno nastavljanje momenta.

KORAČNI MOTORJI

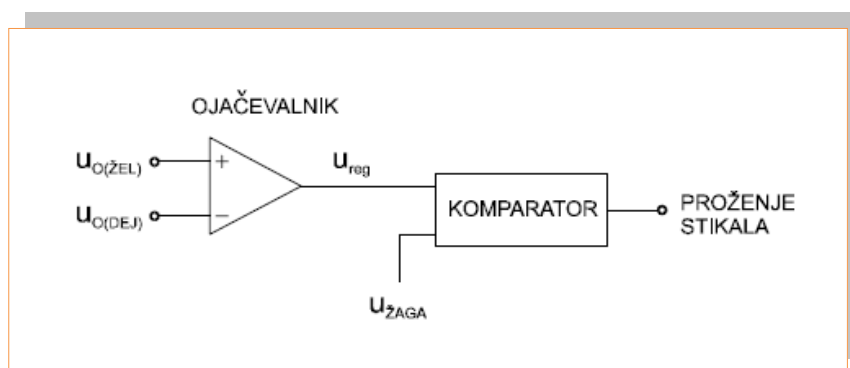
- hitri odziv in natančnost pozicioniranja (določeno s številom korakov na obrat)
- potrebujemo krmilnik koračnih motorjev

Poleg električnih motorjev se za pogon robotov uporabljajo tudi:

- **Pnevmatski pogoni**
 - poceni
 - uporaba za translacijska gibanja
 - primerni za eksplozijska okolja
 - slabost: vzdrževanje, pod vplivom obremenitve ne ostanejo v položaju
- **Hidravlični pogoni**
 - dražji
 - uporaba za translacijska gibanja
 - višje sile in visoka hitrost
 - slabost: vzdrževanje in puščanje olja

Vodenje servomotorja s pulznoširinsko modulacijo (PŠM, PWM)

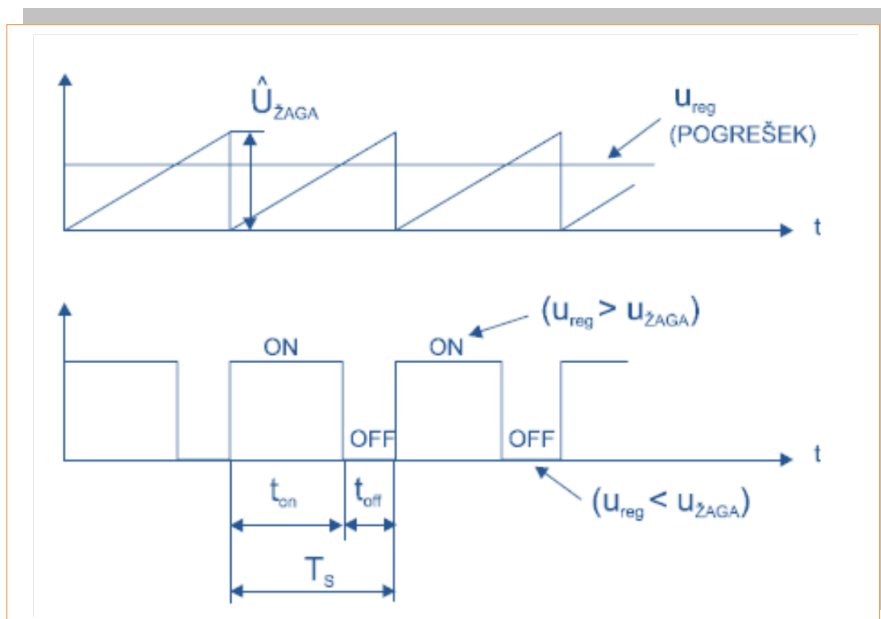
Za proženje polprevodniških stikal oz. tranzistorjev pri vodenju enosmernih električnih pogonov potrebujemo pulznoširinski modulator (PŠM – slovensko, PWM – angleško).



Slika 8.8: Pulznoširinski modulator (PŠM)

Vir: Lastni

PŠM-generator generira pravokotne signale, konstantne frekvence z nastavljivim prevajalnim razmerjem. Njegova posebnost je, da mu lahko nastavljamo širino aktivnega impulza, pri čemer se frekvenca signala ne spremeni. Razmerje nastavitve časov visokega (logična 1) in nizkega (logična 0) stanja izhodov imenujemo prevajalno razmerje (duty cycle). To lastnost PŠM-regulatorja spretno izkoriščamo pri regulaciji moči enosmernega motorja ali pri krmiljenju servomotorjev. PŠM je v osnovi zgrajen iz ojačevalnika, kjer primerjamo želeno in dejansko modulirano regulirano vrednost. Na izhodu dobimo regulacijski pogrešek, ki ga v komparatorju oz. primerjalniku primerjamo z žagastim signalom. Razlika je razmerje izhodnega signala T_{on}/T_{off} oz. duty cycle. Širina pulza oziroma srednja vrednost moduliranega napetostnega signala je osnova za vodenje DC-servomotorja.



Slika 8.9: Signali na PŠM

Vir: Lastni

Kot krmilni signal uporabimo enosmerno napetost, ki jo spreminjamo s pomočjo trimer potenciometra ali digitalno. Stikalno frekvenco lahko izračunamo:

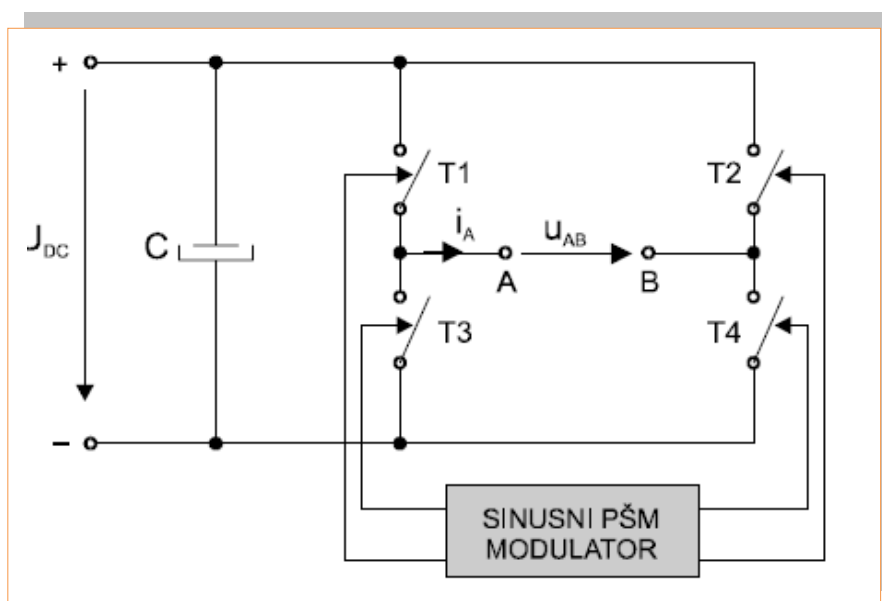
$$f_s = \frac{1}{T_s}$$

in prevajalno razmerje stikala :

$$D = \frac{t_{on}}{T_s} = \frac{u_{reg}}{\hat{U}_{ZAGA}}$$

Enofazni tranzistorski razsmernik

Na sliki je primer enofaznega tranzistorskega razsmernika. Uporablja se za napajanje enofaznih izmeničnih servomotorjev.



Slika 8.10: Enofazni tranzistorski razsmernik

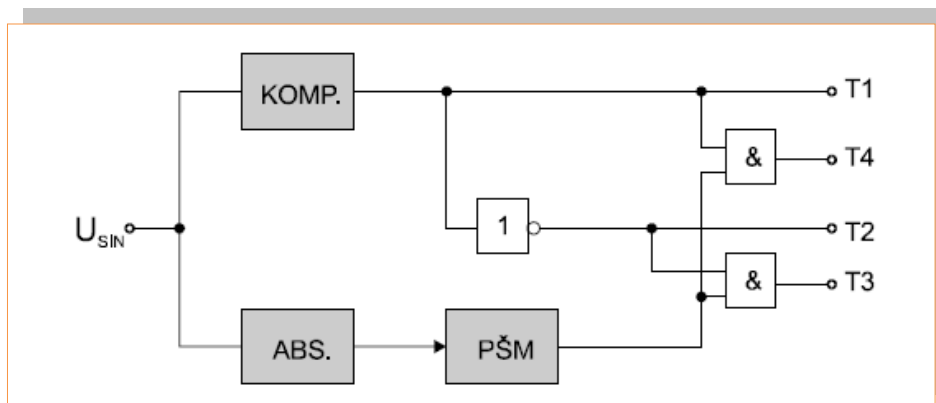
Vir: Lastni

Enofazno napetost, ki jo razmerjamo ponavadi dobimo iz akumulatorskih baterij ali iz običajnega diodnega usmernika.

Glede na zahteve po sinusnem napajanju in minimalnih stikalnih izgubah se je razvilo **več modulacijskih principov**:

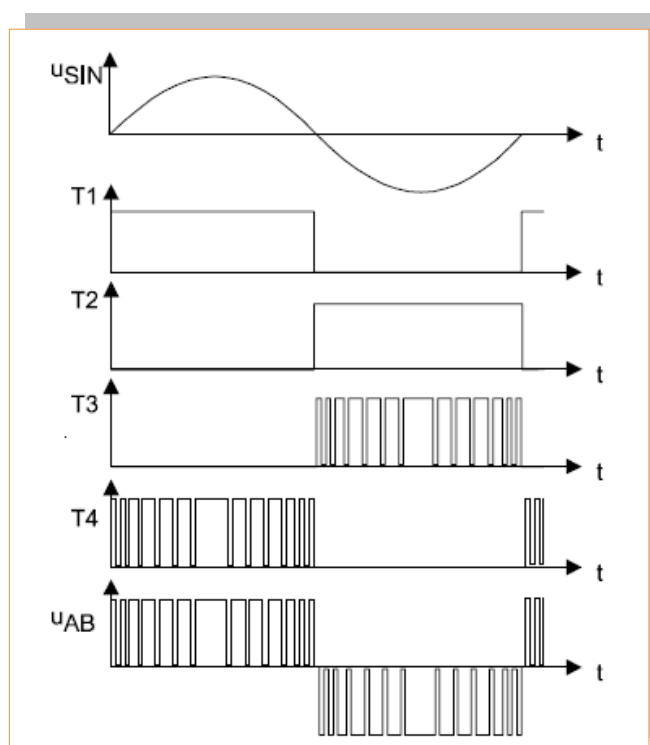
- sinusna pulznoširinska modulacija;
- blokovna modulacija;
- izločanje harmonikov;
- vektorska pulznoširinska modulacija.

Za primer vzemimo vodenje izmeničnega motorja. Uporabimo princip z minimalnimi stikalnimi izgubami, zato tranzistorja T1 in T2 držimo vklopljena, vsakega čez celo polovico periode, tranzistorja T3 in T4 pa bomo vzbujali z ustrezno pulznoširinsko modulacijo.



Slika 8.11: Blokovna shema PŠM

Vir: Lastni

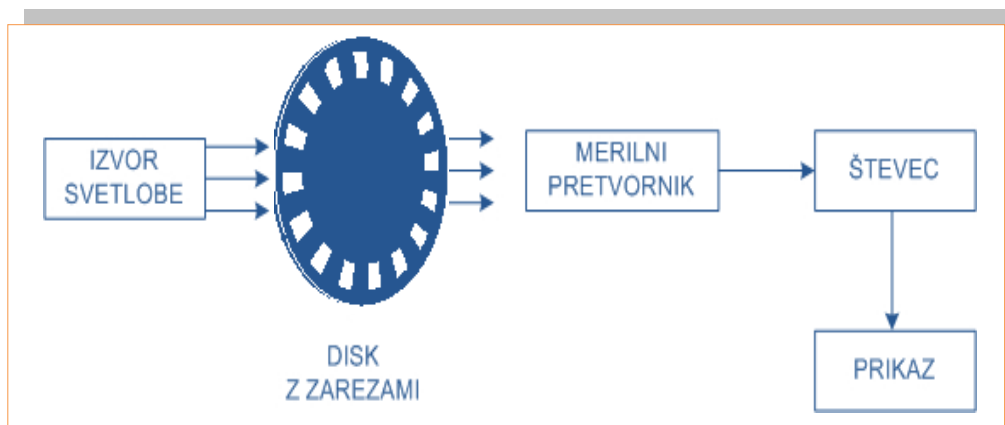


Slika 8.12: Časovni poteki proženja tranzistorjev v enofaznem tranzistorsem razsmerniku

Vir: Lastni

Merjenje položaja, hitrosti in toka

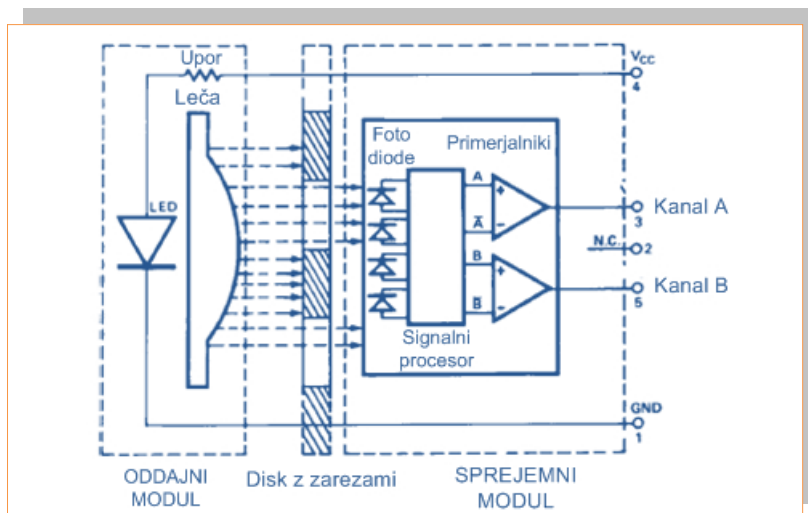
Na gred servopogona je nameščen merilnik položaja. Običajno je to optični inkrementalni dajalnik stanja oziroma optični enkoder.



Slika 8.13: Sistem optične meritve položaja

Vir: Lastni

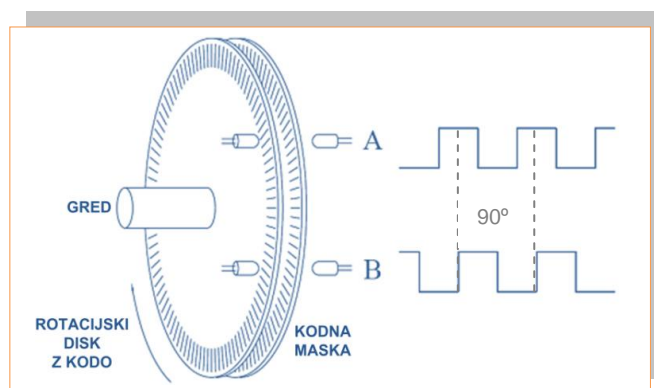
Optični inkrementalni dajalniki položaja so ceneni pripomočki za merjenje rotacijskega in linearnega pomika. Zgrajeni iz diska z režami, izvora svetlobe in na drugi strani fotodetektorja, ki generira napetostni signal (izhodni pulzi) v odvisnosti od prepuščene svetlobe skozi reže. Števec šteje generirane pulze, ki pomenijo določen kot pomika gredi motorja. Disk z režami ima lahko od 500 do 100.000 resic, kar pomeni resolucijo enkoderja in natančnost vodenja. Kot primer lahko vzamemo optični enkoder s 500 resicami, kar pomeni 500 pulzov na obrat gredi motorja. Ker je en obrat 360 kotnih stopinj, lahko to vrednost razdelimo na 500 enot. Ugotovimo, da lahko v tem primeru pogon vodimo na $360/500$ kotnih stopinj natančno oziroma 0,72 kotnih stopinj natančno. V robotskih sistemih se uporabljajo zelo precizni merilniki reda več 10.000 resic na obrat gredi predvsem zaradi natančnosti vodenja (to je le eden izmed pogojev).



Slika 8.14 : Principalna zgradba optičnega inkrementalnega dajalnika stanja

Vir: Lastni

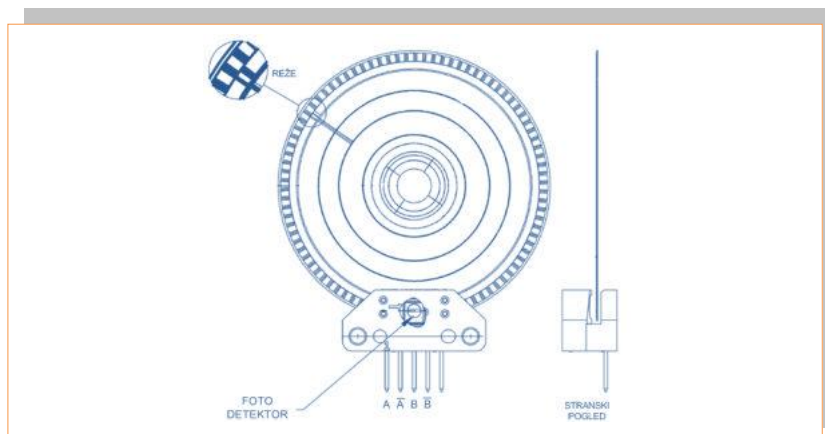
Krmilna elektronika generira na izhodu vsaj tri vrednosti. Signal A, signal B in referenčni signal I. Izhodna signala A in B sta fazno zamaknjena zaradi ugotavljanja smeri vrtenja diska in posledično zaznavanja smeri vrtenja pogonskega motorja.



Slika 8.15: Disk z resicami in izhodni električni signali

Vir: Lastni

Če pride signal A pred signalom B iz logične »0« na logično »1«, tedaj imamo pozitivno smer gibanja in obratno, ko je na izhodu B signal pred A izhodnim signalom. Krmilna elektronika, ki ugotavlja smer gibanja, daje signal digitalnemu števcu pulzov, ki pulze prišteva (pozitivna smer vrtenja) in odšteva (negativna smer vrtenja). Na ta način lahko merimo kot zasuka na ± 1 kvant (črtica, pulz) informacije natančno.



Slika 8.16: Zgradba optičnega enkoderja

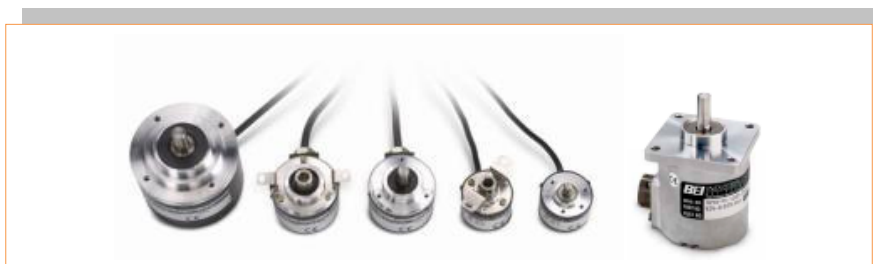
Vir: <http://www.ro.feri.uni-mb.si/portal/> (27.12.2011)



Slika 8.17: Optični enkoder

<http://octopart.com/heds-5600%23a06-avago-993713> (27.12.2011)

Absolutni dajalniki položaja generirajo na izhodu absolutni položaj, medtem ko optični inkrementalni dajalniki dajejo le relativni položaj glede na referenčni signal (ob izpadu el. energije se števec pulzov briše). Poznamo absolutne dajalnike za en obrat in dajalnike za več obratov. Prednost absolutnega dajalnika položaja je predvsem informacija o položaju ob izpadih električne energije, zato se v robotskem mehanizmu uporablja absolutni dajalnik položaja.

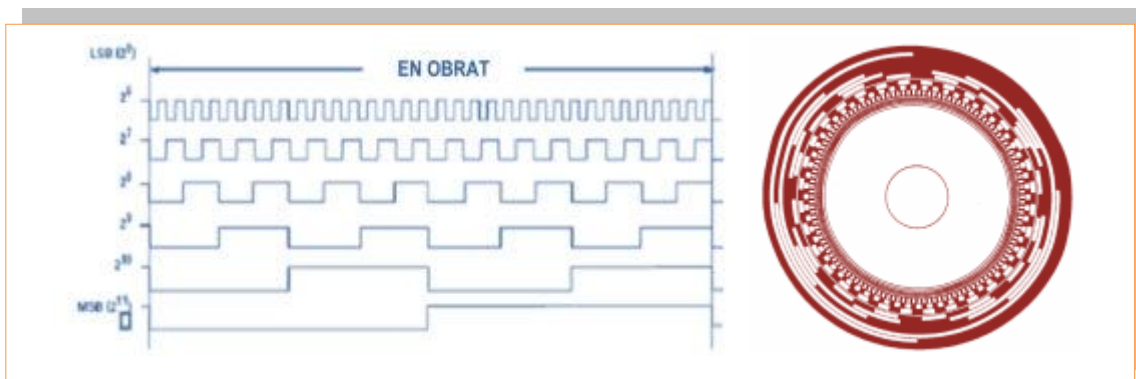


Slika 8.18: Absolutni dajalnik položaja

Vir: <http://news.thomasnet.com/fullstory/Absolute-Encoder-features-13-bits-turn-resolution-546746> (27.12.2011)

Poznamo dva načina absolutnega kodiranja:

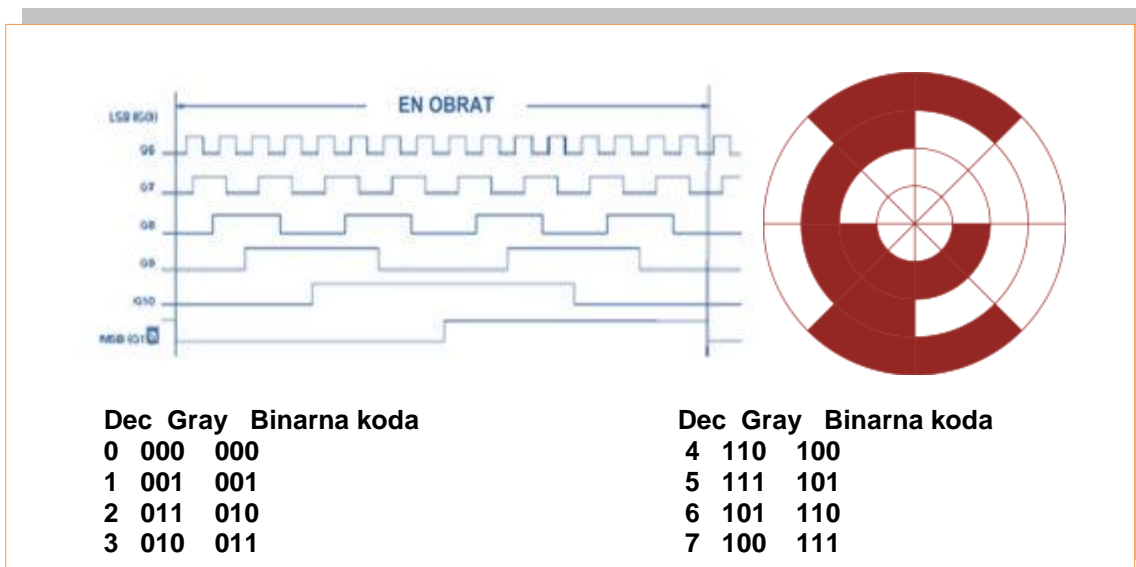
- **KODIRANJE Z BINARNO KODO**



Slika 8.19: Kodiranje z binarno kodo

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder (28.12.2012)

- **KODIRANJE Z GRAYEVO KODO**

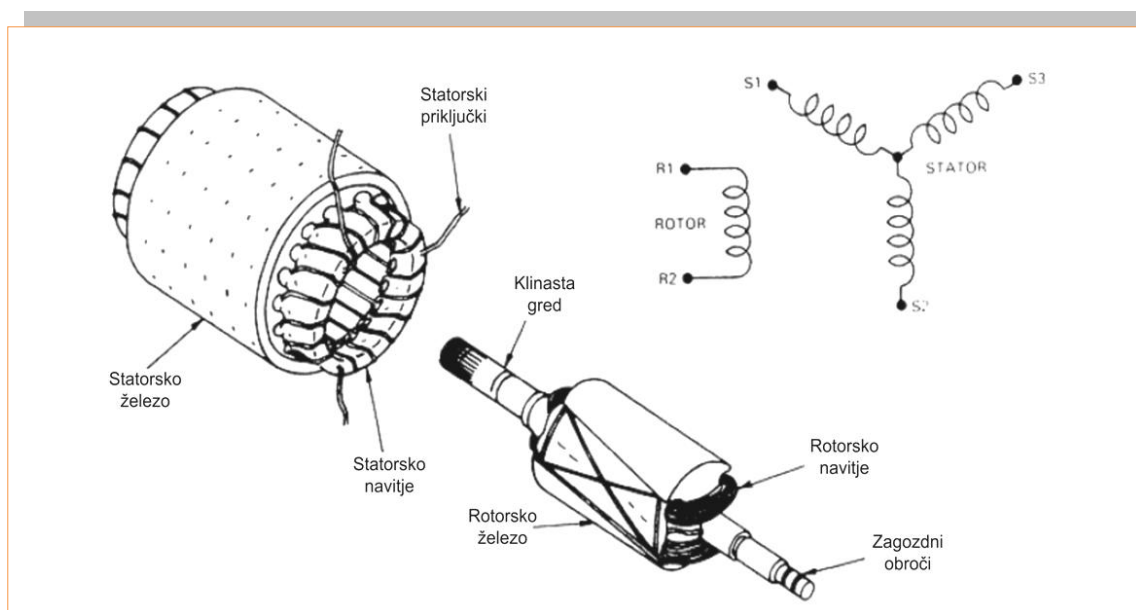


Slika 8.20: Kodiranje z Grayevo kodo

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder (28.12.2012)

Prednost Grayeve kode je, da se naenkrat spremeni samo en bit informacije. To zmanjšuje možnost napake pri meritvi, kar je pomembno pri velikih hitrostih vrtenja diska.

Resolverji

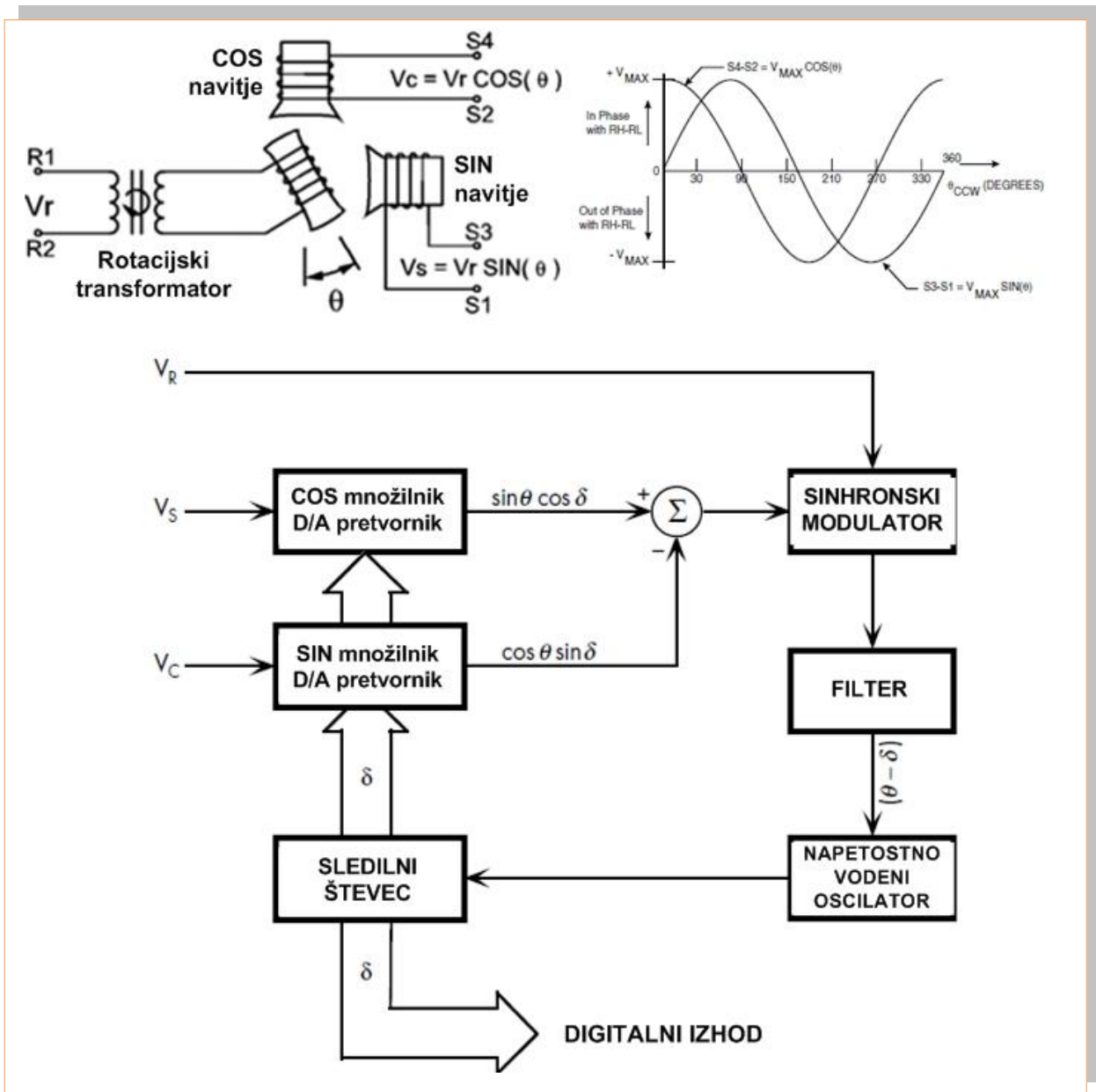


Slika 8.21: Zgradba resolverja

Vir: <http://11011project.blogspot.com/2010/10/avionics-bending-differential-resolver.html> (29.12.2011)

Resolver je zgrajen iz rotorskega navitja in treh statorskih navitij, povezanih v vezavo zvezda. Navitja generirajo tri sinusne napetosti, električno zamaknjene za 120 stopinj. Synhro resolver pa ima eno rotorsko navitje in dva statorska navitja, ki generirata dvojce za 90 stopinj električno premaknjenih sinusnih signalov. Krmilna elektronika resolverja pretvori sinusne signale v digitalno vrednost, namenjeno vodenju električnega pogona.

Prednost resolverja pred optičnim enkoderjem je predvsem večja robustnost, manjša občutljivost na ekstremne temperature in merjenje absolutnega položaja. Resolver se običajno uporablja za temperature nižje od -40°C in temperature višje od 100°C .



Slika 8.22: Pretvorba resolverskih statorskih napetosti v digitalno vrednost

Vir: Lastni



Slika 8.23: Pogon robota z merilnikom položaja

Vir: Lastni

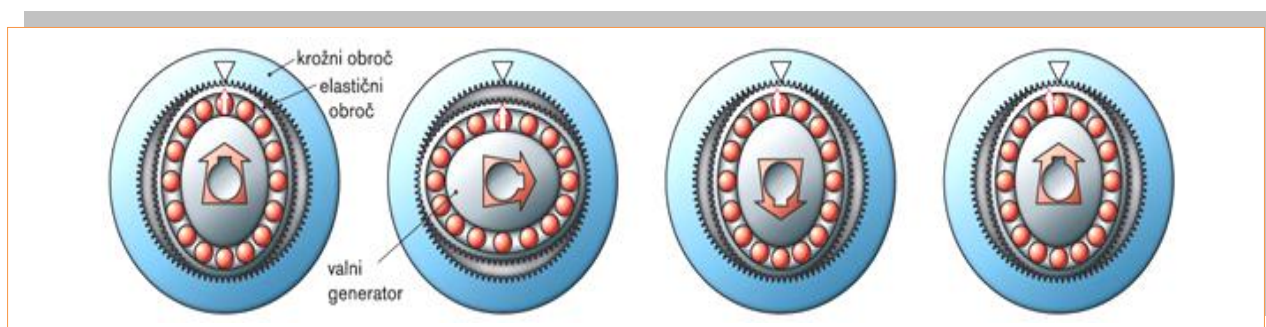


*Slika 8.24: Baterije v namen ohranitve položaja
v primeru izpada električne energije*

Vir: Lastni

Harmonsko gonilo

Vrtljaji servopogona so običajno zreducirani s posebnimi reduktorji oziroma harmonskim gonilom (harmonic drive).



Slika 8.25: Harmonsko gonilo

Vir: Mehatronika, Pasadena 2012

Notranji zobnik oziroma eliptični valni generator kot pogonski del s krogličnim ležajem preoblikuje elastični nazobčani obroč tako, da najde vprijem z notranjim ozobjem, ki se nahaja na krožnem obroču. Elastični obroč ima dva zoba manj kot krožni obroč, zato se pri polovici vrtljaja valnega generatorja opravi relativno gibanje med elastičnim in krožnim obročem za velikost enega zoba, pri celem vrtljaju pa za velikost dveh zob. Harmonsko gonilo zaradi stika z ozobjem nima zračnosti, zato lahko govorimo o točnosti, manjši od kotne minute in ponovljivosti, manjši od kotne sekunde. Ima samo tri sestavne dele, lahko pa dosežemo prestavna razmerja od 50:1 do 320 in izkoristek 85 %. Prednost harmonskega gonila je zaradi večzobnega vprijema sposobnost prenašanja velikega vrtilnega navora in visoke vzvojnne trdnosti.



Slika 8.26: Razstavljeno harmonsko gonilo

Vir: Mehatronika, Pasadena 2012



Slika 8.27: Servopogon robota s harmonskim gonilom

Vir: Lastni

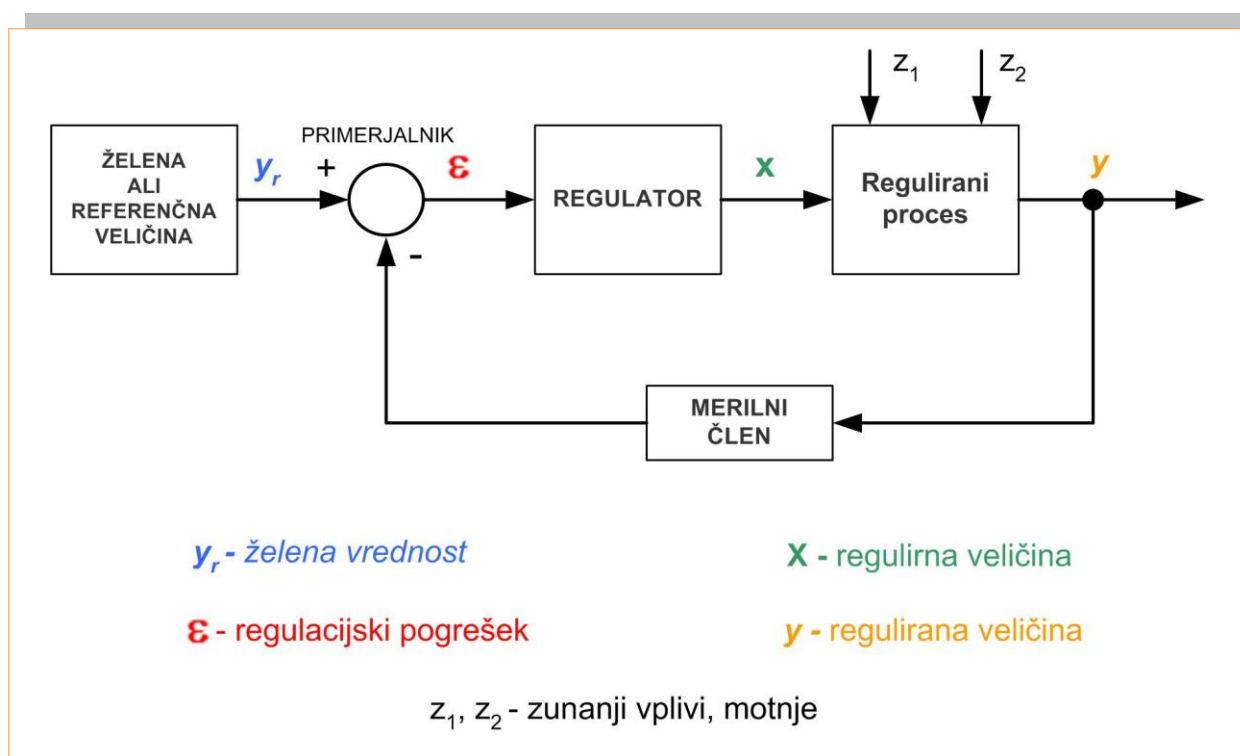


Slika 8.28: Servopogon robota z zobatim jermenom

Vir: Lastni

Regulacija pogona robota

Regulacija je povratno-zančno vodenje procesa, kjer vplivamo na proces tako, da se regulirane veličine čim bolj ujemajo z referenčnimi (želenimi) vrednostmi. Pri tem je potrebno upoštevati tudi motnje, ki vplivajo na regulirani proces. Poznamo enozančne in večzančne regulacijske sisteme. Pri **enozančnem sistemu** merimo samo eno dejansko izhodno veličino in jo preko povratne zanke primerjamo z želeno vrednostjo. Regulacijski pogrešek je informacija za regulator. Primer takšnega sistema je regulacija temperature.



Slika 8.29: Regulacija avtomatiziranega sistema

Vir: Lastni

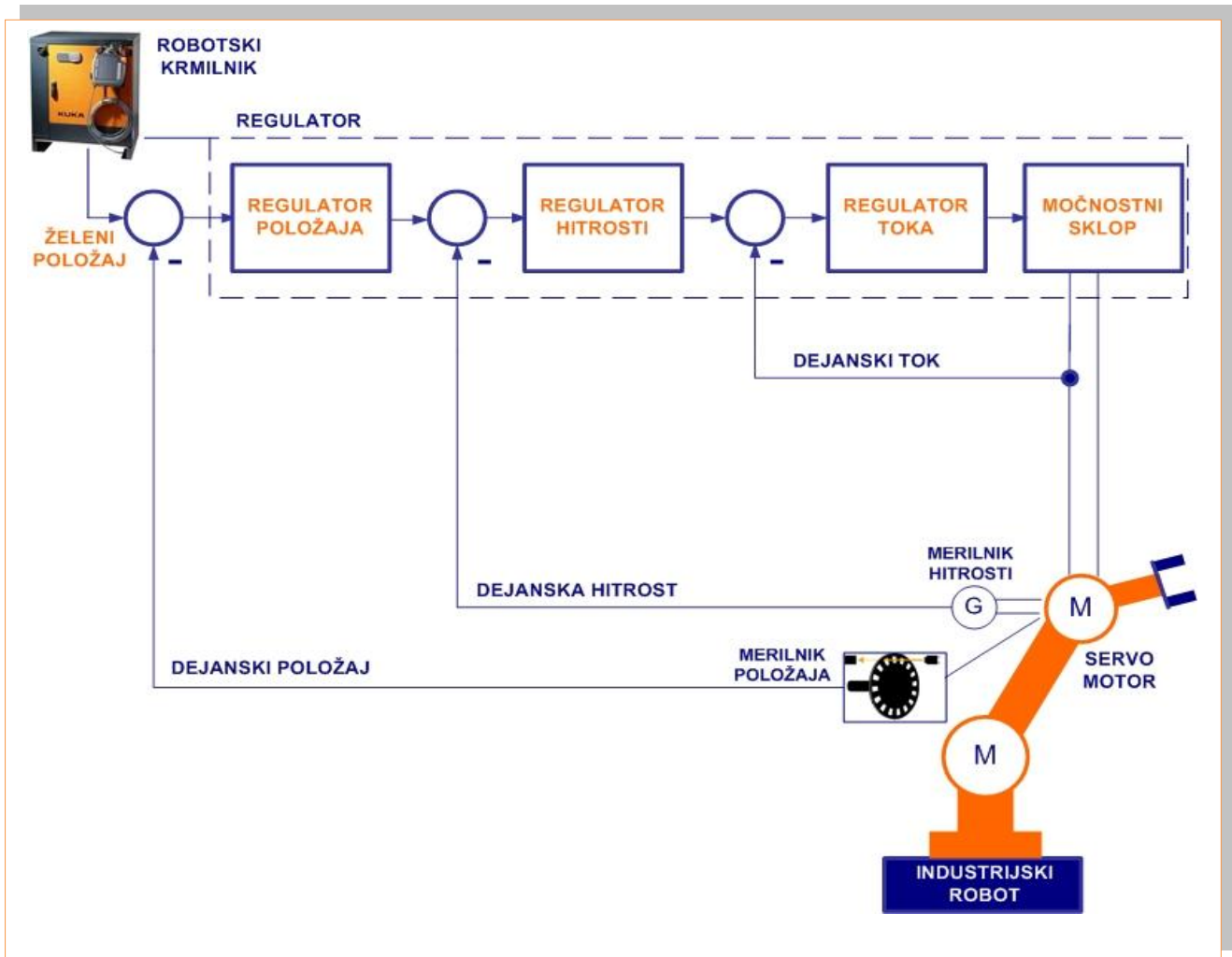
Regulacijska proga je sestavljena iz direktne veje, v kateri sta **regulator** in **regulirani proces** ter **negativne povratne vezave**, v katero je vključen merilni člen. **Merilni člen** meri vrednost dejanske regulirane veličine. **Primerjalnik** nato odšteje izmerjeno vrednost od zelene vrednosti. Rezultat je **regulacijski pogrešek ϵ** . Vrednost regulacijskega pogreška se posreduje **regulatorju**, ki spreminja regulirano veličino na želeno vrednost tako dolgo, da se regulacijski pogrešek zmanjša ali popolnoma odpravi. Z regulacijo torej poskušamo odpraviti

zunanje vplive oziroma motnje, ki vplivajo na regulirano veličino. Realni sistemi, ki sestavljajo regulacijsko progo imajo časovne konstante (npr. časovna konstanta segrevanja prostora, mehanske vztrajnosti ventila, vzmeti, ...), zaradi česar ne morejo delovati neskončno hitro. Torej motnja traja nek časovni interval. Preteči mora torej nek določen čas, da regulirana veličina doseže želeno stanje.

Regulator skupaj s povratno zanko zagotavlja, da je:

- ✓ **regulacijski sistem stabilen;**
- ✓ **odpravlja motnje;**
- ✓ **da dejanska vrednost sledi želeni;**
- ✓ **da zagotavlja želeno dinamiko regulacijskega sistema.**

V primeru **večzančnega sistema** merimo več izhodnih vrednosti in jih nato reguliramo. Takšen sistem imenujemo **kaskadna regulacija**.



Slika 8.30: Regulacija pogona robota

Vir: Lastni

V primeru vodenja robota ni dovolj samo vodenje položaja posamezne osi. Robotu namreč poleg trajektorije nastavljam tudi hitrost gibanja. Zato moramo regulirati tudi hitrost posamezne osi. Ker vrh robota obremenimo z različnimi masami, ki se gibljejo z določeno regulirano hitrostjo, moramo meriti tudi tok, ki teče v pogonski motor. Posredno lahko iz meritve toka izračunamo moment mehanizma. Industrijski robot ima v ta namen robotski krmilnik, v katerem se nahaja tudi servoregulator za posamezno os.

Naloga servoregulatorja je regulacija tokov in/ali hitrosti za motorje posameznih robotskih osi. **Običajno je položajna regulacija zasnovana kot trojna kaskadna regulacija z notranjo hitrostno zanko, znotraj katere se nahaja še tokovna regulacija.** Položajna regulacija je digitalna, hitrostna in tokovna zanka sta analogni. Potrebni senzorji pri takšnem krmilju so merilnik toka, merilnik hitrosti (tahogenerator, rotacijski el. stroj, ki generira napetost proporcionalno glede na vrtilno hitrost) in merilnik položaja (optični inkrementalni dajalnik). Pri načrtovanju trajektorije gibanja vrha orodja robota je potrebno generirati referenčno želeno vrednost položaja, hitrosti in pospeška. Pri tem moramo upoštevati mehanske omejitve posamezne osi. Vodenje osi pomeni vodenje električnega motorja, na katerega je nameščeno harmonsko gonilo. Gonilo zmanjša hitrost osi in poveča moment. Mehanska moč mehanizma se pri tem ne spremeni. Glede na dinamični model sklepa robota lahko ugotovimo, da ima robotski mehanizem spremenljivi vztrajnostni moment J in koeficient viskoznega trenja B , kar je posledica trenja in vpliva sile teže.

Pomembne fizikalne veličine pri vodenju robota so položaj, hitrost, moment (meritev toka) in sila dotika orodja.



POVZETEK

Robotska kinematika, ki jo sestavljajo rotirajoče in/ali translacijske osi, omogoča gibanje robota. Posamezno os posredno preko harmonskega gonila poganja električni DC- ali AC-servomotor, za katerega je značilna majhna masa in posledično majhen vztrajnostni moment. Ker robota pozicioniramo, je na posameznih oseh tudi merilni sistem, s katerim merimo položaj posamezne osi. Industrijski robot je običajno voden po matematično določeni poti (matrika inverzne kinematike), zato mora imeti robot ustrezen krmilnik poti in hitrosti oziroma servoregulator. Servoregulator je naprava, ki omogoča ročno ali avtomatizirano vodenje servomotorja. Funkcije servoregulatorja so zagon (vklop in omogočitev pogona, »driveenable«) in zaustavitev motorja, določanje smeri vrtenja el. motorja, nastavitev in regulacija hitrosti, nastavitev navora in zaščita pred preobremenitvijo. Pojem servomotor oziroma servopogon se nanaša na električni motor, pri katerem merimo dejansko hitrost vrtenja ter pozicijo oziroma kot pomika gredi motorja. Merimo lahko tudi nazivni tok in posredno navor motorja. Poznamo AC- in DC-servomotorje. Meritev pozicije gredi je običajno izvedena z optičnim inkrementalnim dajalnikom stanja (enkoderjem).



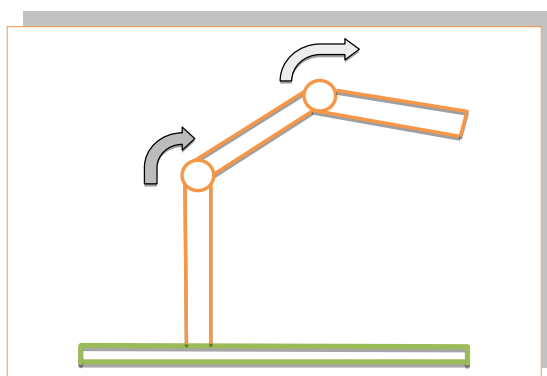
PONOVIMO

1. Kaj je električni servomotor?
2. Pojasni pojem servoregulator.
3. Iz katerih enot je sestavljen servoregulator?
4. Katere motorske pogone poznamo za pogone robotov?
5. Kako deluje pulzno širinski modulator PŠM?
6. Opiši in skiciraj optični inkrementalni dajalnik stanja.
7. Kakšna je razlika med relativnim in absolutnim enkoderjem?
8. Opiši razliko med kodiranjem z binarno in Greyevo kodo enkoderja.
8. Opiši delovanje resolverja.
9. Kako je izvedena regulacija pogona robota?
10. Opiši kaskadno regulacijo pogona robota.
11. Kaj je harmonsko gonilo in kako deluje? Opiši.

9 TIPI SEGMENTOV IN SKLEPOV

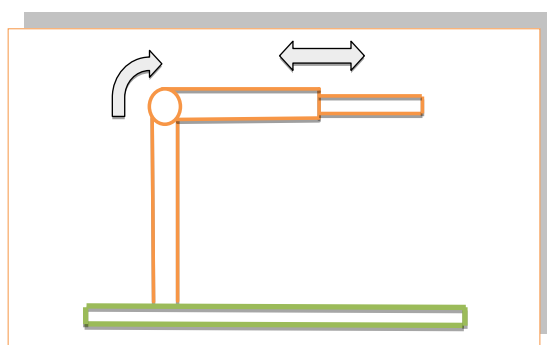
Vsak industrijski robot ima določeno število sklepov (angl. joints). Ti so med seboj povezani s segmenti robotskega mehanizma in vsak sklep povezuje dva sosednja robotska segmenta. Sklep ima omejeno gibljivost, zato omogoča le linearni ali rotacijski pomik. Tako poznamo rotacijske in translacijske sklepe.

Rotacijski sklep omejuje gibanje dveh sosednjih segmentov na rotacijo okrog skupne osi. Ima obliko tečaja. Medtem ko translacijski sklep omejuje gibanje dveh sosednjih sklepov in na translacijo oziroma njegov medsebojni premi pomik. Relativni trenutni položaj in spremembo položaja rotacijskega sklepa podamo v enotah rotacije oziroma kotnega zasuka (stopinje, radiani), translacijskega sklepa pa v enotah razdalje oziroma premega pomika (milimetri).



Slika 9.1: Rotacijski sklepi

Vir: Lastni



Slika 9.2: Rotacijski in translacijski sklep

Vir: Lastni

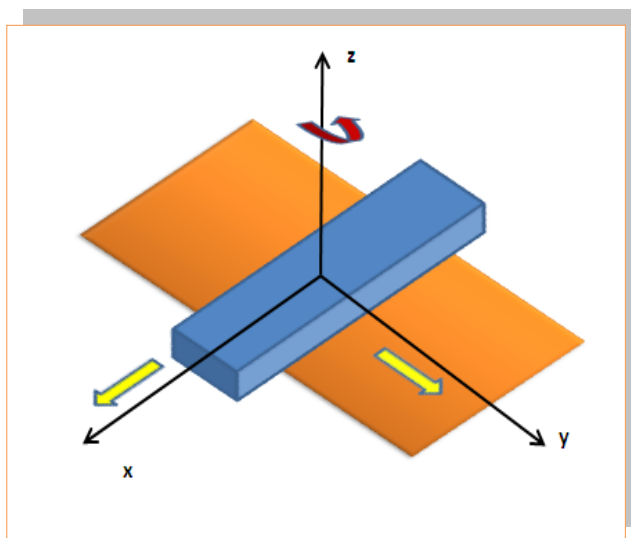
PROSTOSTNE STOPNJE

Prostostna stopnja (angl. Degree Of Freedom) označuje geometrijo načina spreminjanja odnosa med dvema segmentoma glede na osi sklepa, ne da bi upoštevali čas. Dva segmenta sta preko sklepa povezana s svojo določeno kinematiko in v robotiki jima pravimo tudi kinematični par. V primeru, da pride do večjega zaporedja kinematičnih parov, to zaporedje imenujemo **kinematična veriga**.

PRIMER ZA TRI PROSTOSTNE STOPNJE

Kvader se lahko giblje v dveh smereh (os x in os y), poleg tega pa ima možnost rotacije okrog navpične osi (os z). Tako ima kvader dve prosti translaciji in eno prosto rotacijo, kar pomeni, da ima tri prostostne stopnje.

2 translaciji
1 rotacija
1 omejena translacija
2 omejeni rotaciji
= 3 prostostne stopnje



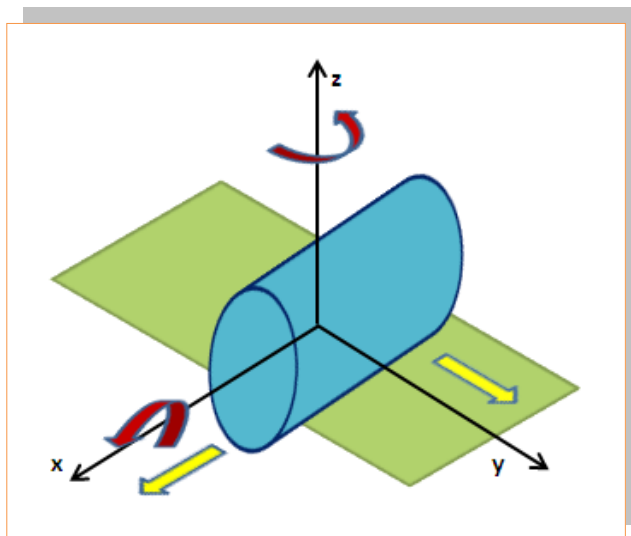
Slika 9.3: Kvader na površini

Vir: Lastni

PRIMER ZA ŠTIRI PROSTOSTNE STOPNJE

Valj se lahko giblje v dveh smereh (os x in os y), poleg tega pa ima možnost rotacije okrog dveh osi (osi x in osi z). Tako ima valj dve prosti translaciji in dve prosti rotaciji, kar pomeni, da ima štiri prostostne stopnje.

2 translaciji
 2 rotaciji
 1 omejena translacija
1 omejena rotacija
= 4 prostostne stopnje



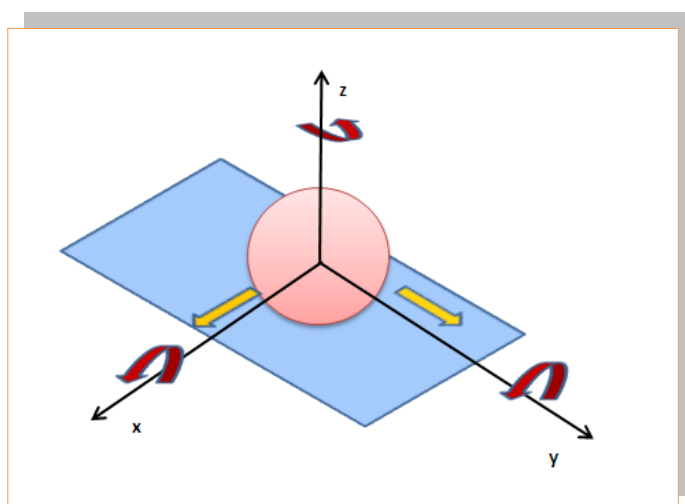
Slika 9.4: Valj na površini

Vir: Lastni

PRIMER ZA PET PROSTOSTNIH STOPENJ

Krogla se lahko giblje v dveh smereh (os x in os y), poleg tega pa ima možnost rotacije okrog vseh treh osi (osi x, osi y in osi z). Tako ima krogla dve prosti translaciji in tri proste rotacije, kar pomeni, da ima pet prostostnih stopenj.

2 translaciji
3 rotaciji
1 omejena translacija
= 5 prostostnih stopenj



Slika 9.5: Krogla na površini

Vir: Lastni

Vsako togo telo v prostoru ima lahko šest prostostnih stopenj – tri rotacije in tri translacije. Rotacije določajo orientacijo, medtem ko translacije določajo pozicijo. Ko definiramo orientacijo in pozicijo, dobimo določeno lego telesa. Robot s šestimi sklepi lahko rešuje naloge, kjer so pomembne vse tri rotacije in vse tri translacije.

NEREDUNDANTEN IN REDUNDANTEN ROBOT

Neredundanten robot je robot z največ šestimi prostostnimi stopnjami, ki jih potrebujemo za poljubno pozicioniranje in orientacijo predmeta v prostoru. Upravljanje robota in reševanje dinamike pri teh robotih je veliko lažje kot pri redundantnih. **Redundanten robot** pa ima več kot šest prostostnih stopenj. Točko v prostoru lahko s takšnim robotom dosežemo na neskončno različnih načinov.

Običajni industrijski roboti so ponavadi neredundantni oziroma imajo največ šest prostostnih stopenj, to pa zaradi tega, ker bi z dodatnimi prostostnimi stopnjami naloge upravljanja in pozicioniranja postale mehansko nedoločene (neskončno možnih rešitev) in bi otežile določanje optimalnih rešitev.

Ko želimo rešiti določeno nalogo, mora biti število prostostnih stopenj robota oziroma vrha robota vsaj enako (lahko je večje) številu prostostnih stopenj naloge. Če temu ni tako oziroma je število prostostnih stopenj robota manjše od števila prostostnih stopenj naloge, pride do singularne konfiguracije.

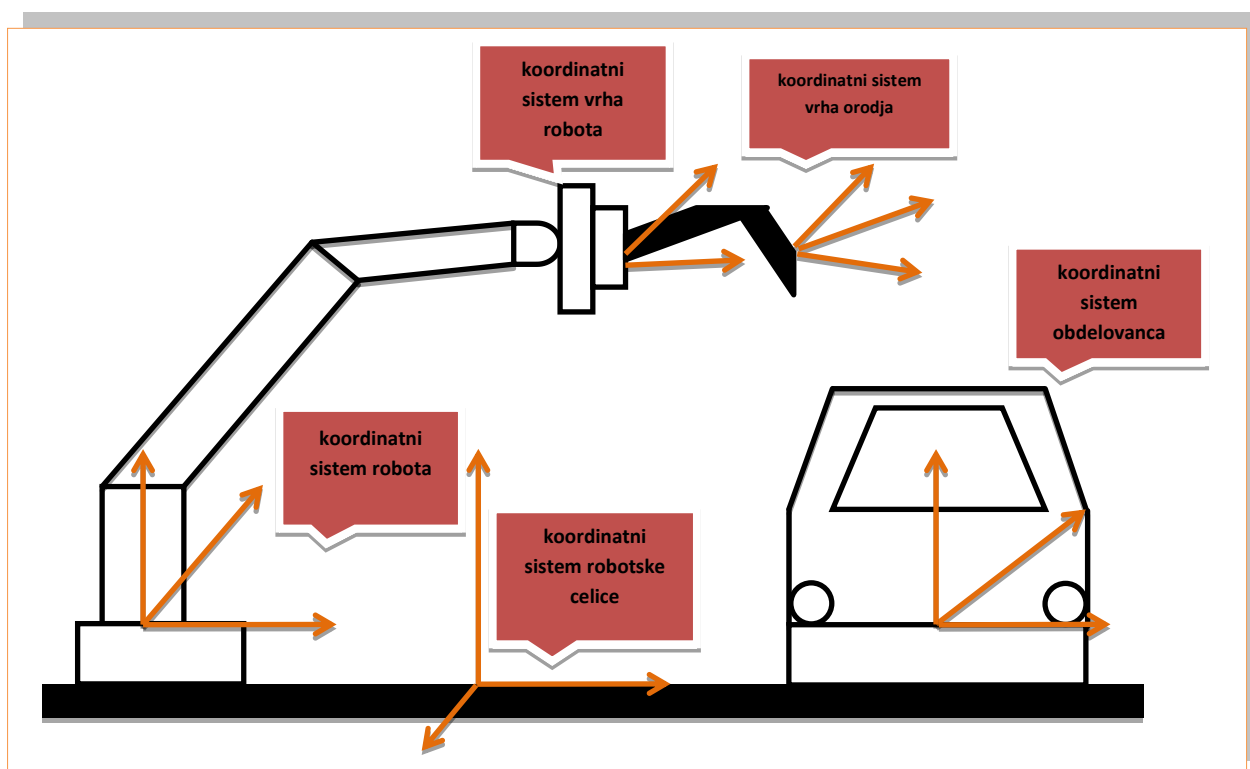
ZUNANJE IN NOTRANJE KOORDINATE ROBOTA

Položaj in orientacijo vrha robota v nekem prostoru (robotskem okolju) opisujemo z **zunanjimi spremenljivkami**. Za določanje položaja in orientacije najpogosteje uporabljamo kartezijski koordinatni sistem. Položaj vrha robota določimo glede na izbrano izhodišče s pomočjo vrednosti v smereh x , y in z , orientacijo pa z vrednostmi zasuka okoli posameznih osi.

Trenutne vrednosti posameznih robotskih sklepov pa opisujemo z **notranjimi spremenljivkami**. Ko robot oziroma njegov vrh zavzame določen položaj, se izrazi vrednost notranjih spremenljivk. Za določen položaj in orientacijo vrha robota potrebujemo določene vrednosti notranjih spremenljivk posameznih sklepov robota.

Če lahko položaj in orientacijo vrha robota dosežemo z več kot eno možno rešitvijo vrednosti notranjih koordinat, imenujemo to redundanca ali singularna funkcija.

Za uporabnika robota pridejo v poštev za izražanje položaja in orientacijo vrha robota predvsem zunanje spremenljivke, za proizvajalce robota pa večinoma notranje spremenljivke. Večinoma lahko pri robotih zunanje spremenljivke izražamo relativno glede na specifični izbrani koordinatni sistem.



Slika 9.6: Različni koordinatni sistemi robotske celice

Vir: Lastni

Zunanje in notranje spremenljivke so med seboj povezane preko Jakobijanove matrike, splošne matematične funkcije, ki je vezana na določen robotski mehanizem. Jakobijanova matrika je izredno pomembna za samo analizo načina gibanja robota, preko nje pa lahko študiramo načine krmiljenja robotskih sistemov, planiranje robotskih trajektorij, določamo in iščemo singularne točke posameznih robotskih konfiguracij, si pomagamo pri dinamični analizi robotskih mehanizmov ter nalogah transformacije sil in momentov na vrhu robota v

sile in momente v sklepih mehanizma. Boljše kot je Jakobijanova matrika definirana, realnejši so razni izračuni in simulacije.

Matematična enačba, ki povezuje zunanje in notranje spremenljivke preko Jakobijanove matrike:

$$\Delta \underline{x} = \underline{J}(\underline{q}) \Delta \underline{q}$$

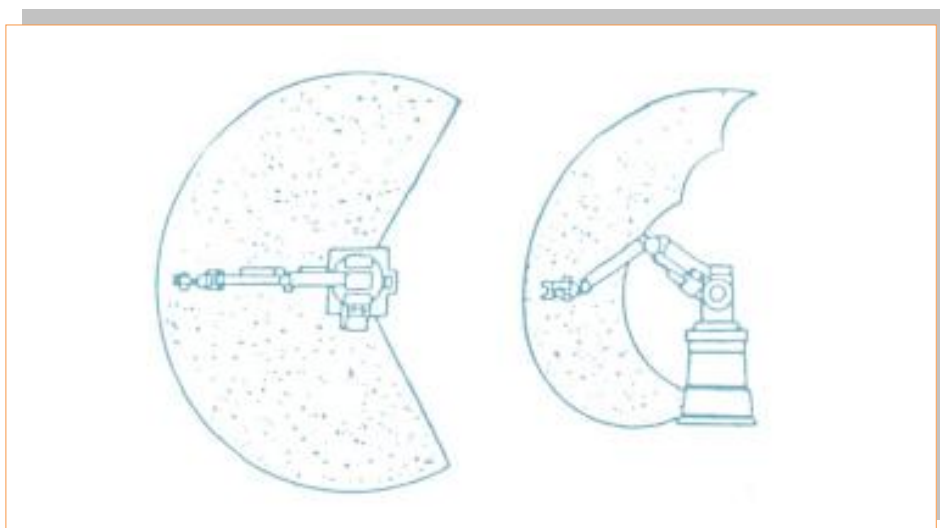
$\Delta \underline{x}$	sprememba, izražena v zunanjih spremenljivkah
$\Delta \underline{q}$	sprememba, izražena v notranjih spremenljivkah
\underline{J}	Jakobijanova matrika

Ta enačba je izražena kot osnovna enačba v robotiki.

DELOVNI IN PRIROČNI DELOVNI PROSTOR ROBOTA

Pri robotizaciji neke delovne naloge je zelo pomembna študija delovnega prostora. Delovni prostor robota so vse točke v prostoru, ki jih vrh robota lahko doseže. Če primerjamo mobilne in industrijske robote, se seveda delovni prostori popolnoma razlikujejo, tako v smislu velikosti kot tudi oblike.

Pri študiji delovnega prostora moramo upoštevati omejitve, ki jih prinašajo orodja ali prijemalo, ki je nameščeno na robota, morebitne omejitve prostora in delovnih priprav ter seveda zahteve samega obdelovanca. Nato lahko določimo ustreznega tipa robota.



Slika 9.7: Tloris in stranski pogled delovnega prostora

Vir: Lastni

Pri robotizaciji se srečujemo z dvema vrstama nalog:

- poznamo robota in moramo določiti njegov delovni prostor ali
- poznamo delovni prostor in moramo določiti robota.

Delovni prostor določamo v primeru, da sami izdelamo robota oziroma da imamo robota brez ustrezne dokumentacije. Delovni prostor lahko določimo s pomočjo matematičnega izračuna, če pa ima robot spremljajočo dokumentacijo, je v njej ponavadi delovni prostor prikazan na grafični način.

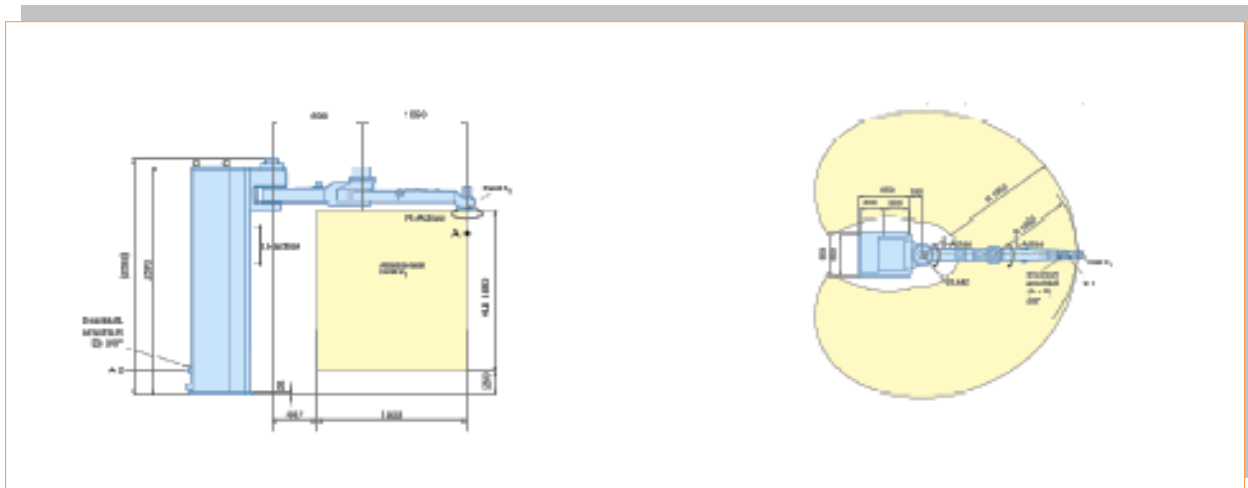
Ko pa se odločamo za nakup novega robota, večinoma delovni prostor že imamo. Zato moramo dobro vedeti, kakšne so prostorske zahteve robota in če naš delovni prostor ustreza vsem zahtevam. Robot nam ne bo nič koristil, če z njim rešitve naloge ne bomo mogli realizirati.

Za industrijske robote splošno velja, da bo njegov delovni prostor tem večji, čim večje bodo dimenzije posameznih segmentov in da bo priročni delovni prostor tem večji, čim krajši bo zadnji segment.

Robot pa ne more popolno rešiti naloge samo zaradi poznavanja delovnega prostora oziroma če se nahaja znotraj tega prostora. Od njega moramo zahtevati, da znotraj tega prostora opravi celotno delo, ki ga želimo, in ne samo da doseže predpisano točko z vrhom. Orodje ali prijemalo z obdelovancem nam mora omogočiti doseganje točke s poljubno orientacijo, če želimo v neki točki opraviti neko poljubno delo.

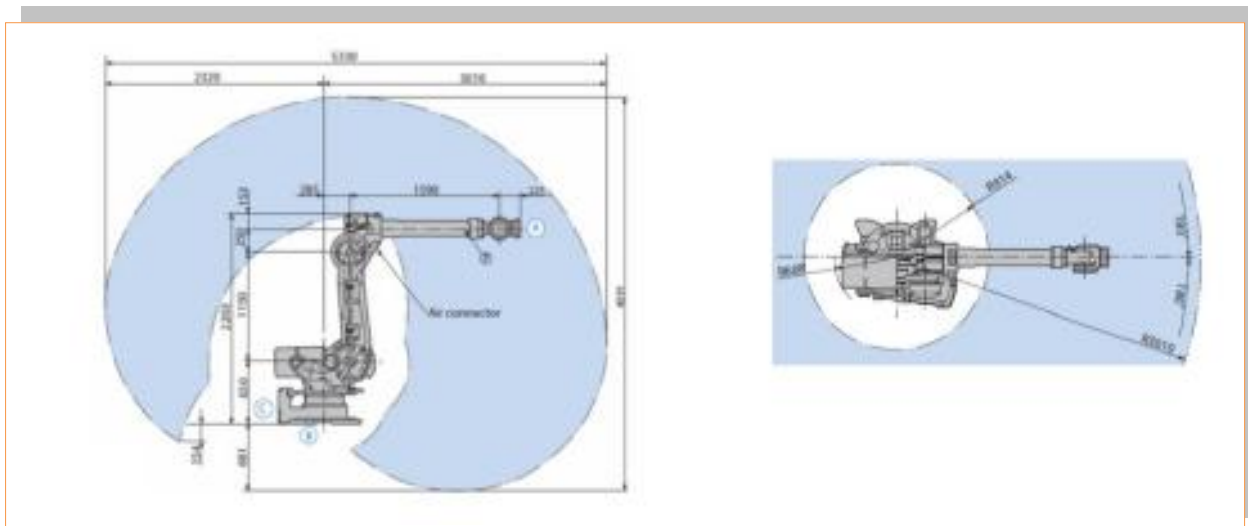
PRIMERI PREDSTAVITVE DELOVNEGA PROSTORA ROBOTA

Proizvajalec skoraj vedno poda stranski in tlorisni pogled delovnega prostora. Sledi nekaj grafičnih prikazov delovnega prostora.



Slika 9.8: Delovni prostor SCARA robota s tremi rotacijskimi in enim translacijskim sklepom

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)



Slika 9.9: Delovni prostor robota s šestimi rotacijskimi sklepi

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)



POVZETEK

Vsak industrijski robot ima določeno število sklepov (angl. joints). Ti so med seboj povezani s segmenti robotskega mehanizma in vsak sklep povezuje dva sosednja robotska segmenta. Sklep ima omejeno gibljivost, zato omogoča le linearni ali rotacijski pomik. Tako poznamo rotacijske in translacijske sklepe. Rotacijski sklep omejuje gibanje dveh sosednjih segmentov na rotacijo okrog skupne osi. Ima obliko tečaja. Medtem ko translacijski sklep omejuje gibanje dveh sosednjih sklepov in na translacijo oziroma njegov medsebojni premi pomik. Relativni trenutni položaj in spremembo položaja rotacijskega sklepa podamo v enotah rotacije oziroma kotnega zasuka (stopinje, radiani), translacijskega sklepa pa v enotah razdalje oziroma premega pomika (milimetri). Prostostna stopnja (DegreeOfFreedom) označuje geometrijo načina spreminjanja odnosa med dvema segmentoma glede na osi sklepa, ne da bi upoštevali čas. Dva segmenta sta preko sklepa povezana s svojo določeno kinematiko in v robotiki jima pravimo tudi kinematični par. V primeru, da pride do večjega zaporedja kinematičnih parov, to zaporedje imenujemo kinematična veriga.

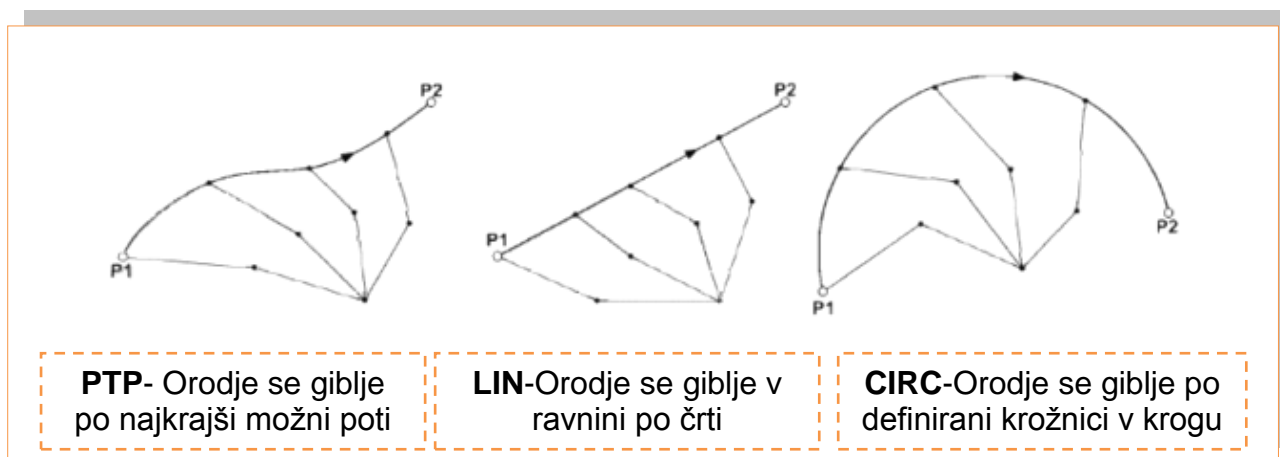


PONOVIMO

1. Skicirajte primer za tri in štiri prostorske stopnje robota.
2. Opišite, kaj pomeni redundantni sistem robota.
3. Katere koordinatne sisteme poznamo v robotskih sistemih?
4. Definirajte delovni in priročni prostor robota.
5. Pojasni pojem kinematični par in kinematična veriga.

10 ROBOTSKA GIBANJA

Robote lahko programiramo neposredno z učnimi enotami (teach pendant) ali posredno z osebnim računalnikom in prenosom programa na robotski sistem. V osnovi poznamo tri gibe, ki služijo za pomik vrha orodja robota.

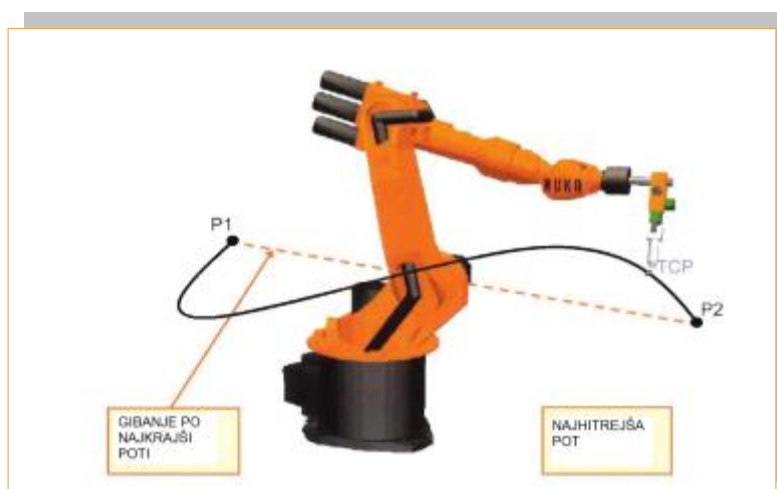


Slika 10.1: Vrste gibanj robota

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)

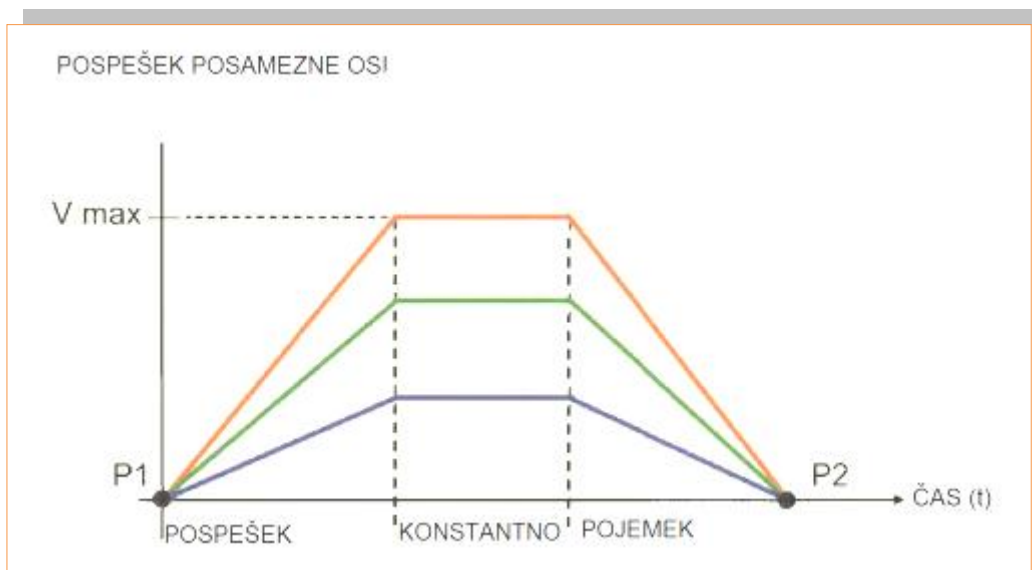
GIBANJE POINT TO POINT – PTP

Point to point gib uporabljamo takrat, kadar nimamo ovir v delovnem okolju robota. Tudi ni pomembno, kako je orodje obrnjeno.



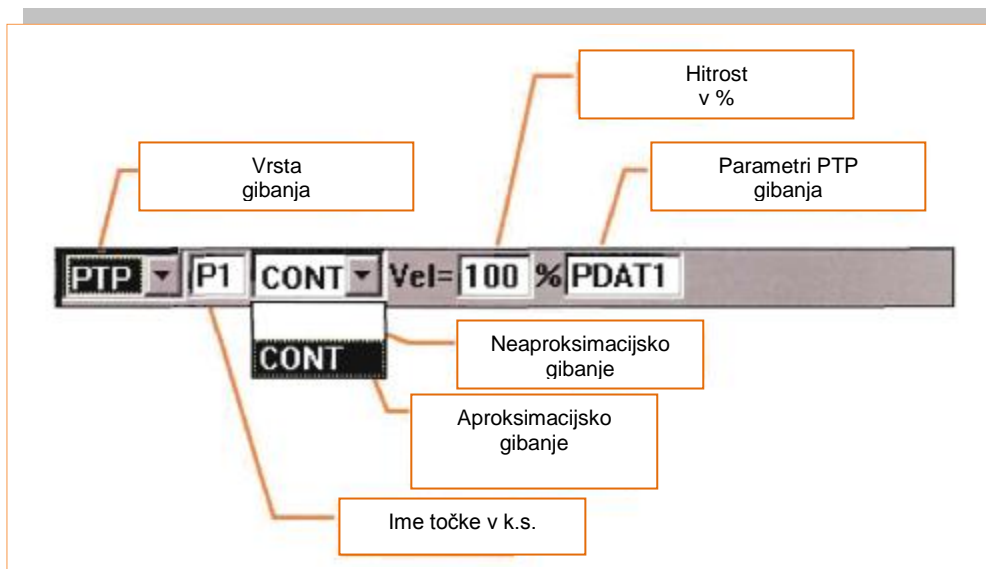
Slika 10.2: PTP- gibanje vrha orodja robota

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)



Slika 10.3: Trapezni profil hitrosti pri PTP-gibu robota

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)

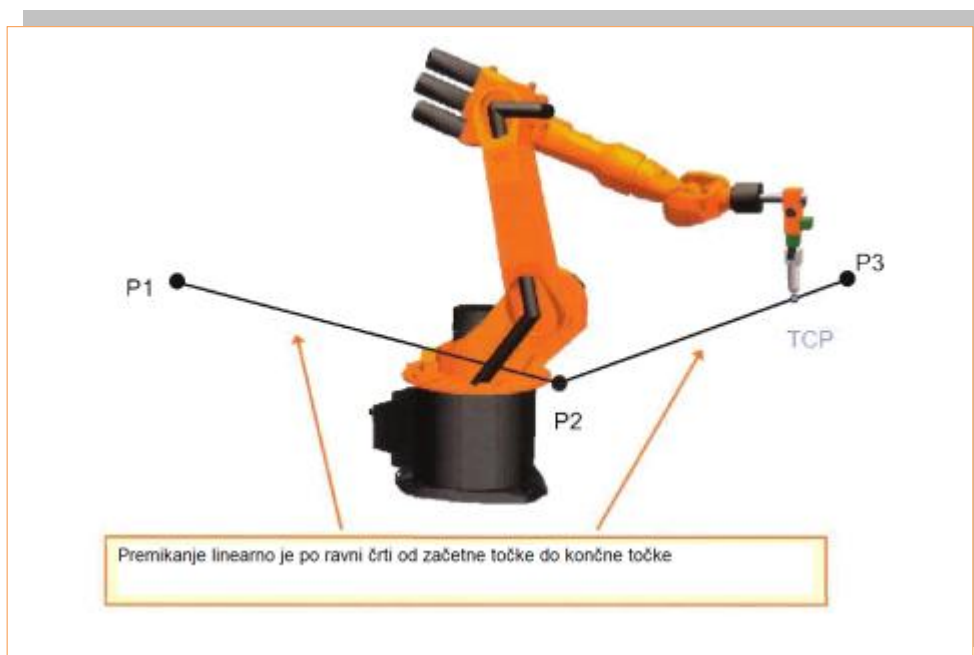


Slika 10.4: Programiranje PTP-giba

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)

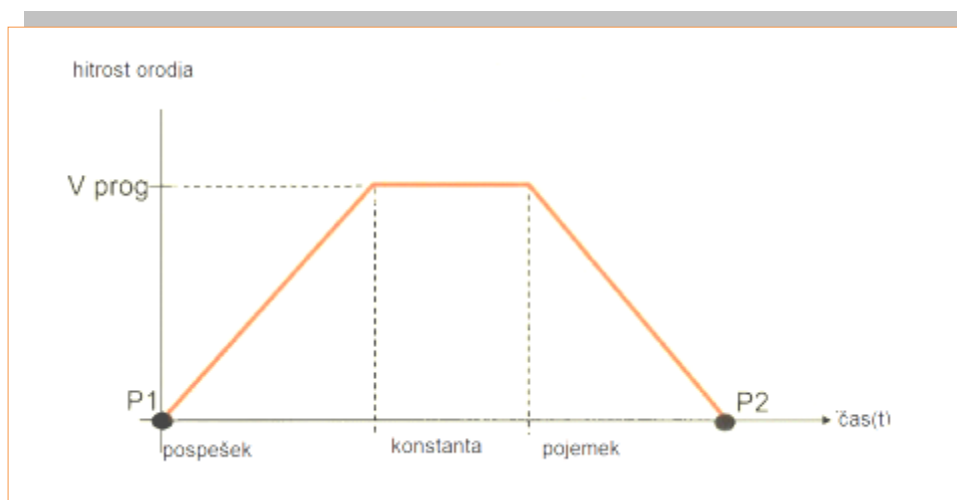
LINEARNO GIBANJE - LIN

Linearni gib uporabljamo, kadar moramo nekaj prenesti v ravnini ali robota prepeljati po ravni premici. Ta gib pa je zelo uporaben pri paletizaciji robota.



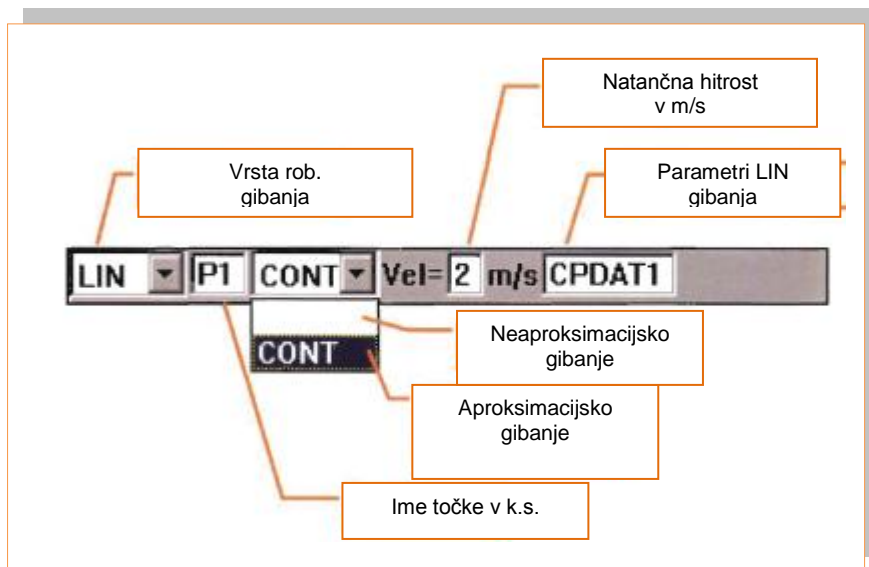
Slika 10.5: LIN-gibanje vrha orodja robota

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)



Slika 10.6: Trapezni profil hitrosti pri LIN-gibu robota

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)

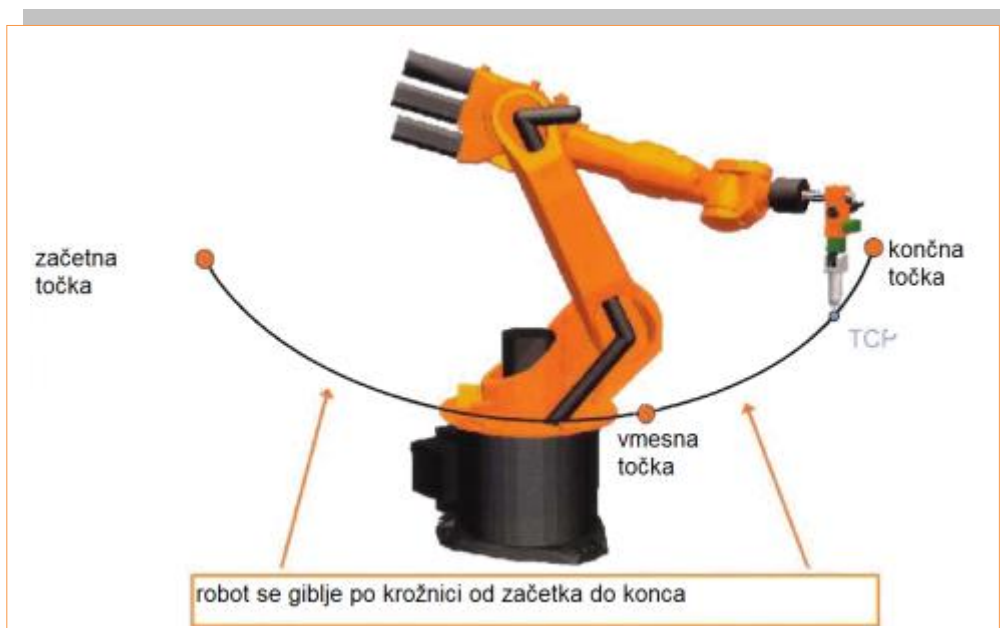


Slika 10.7: Programiranje LIN-giba

Vir: www.kuka.de (30.12.2011)

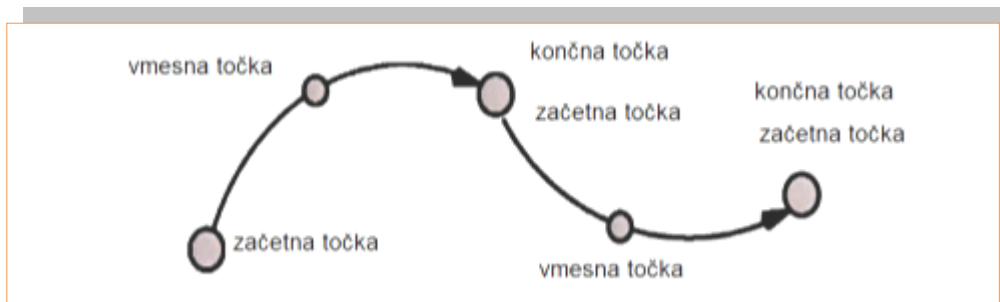
KROŽNO GIBANJE

Uporabljamo takrat, kadar želimo neko stvar narediti v krogu. Uporaben je, kadar želimo z robotom pobrusiti okrogel izdelek.



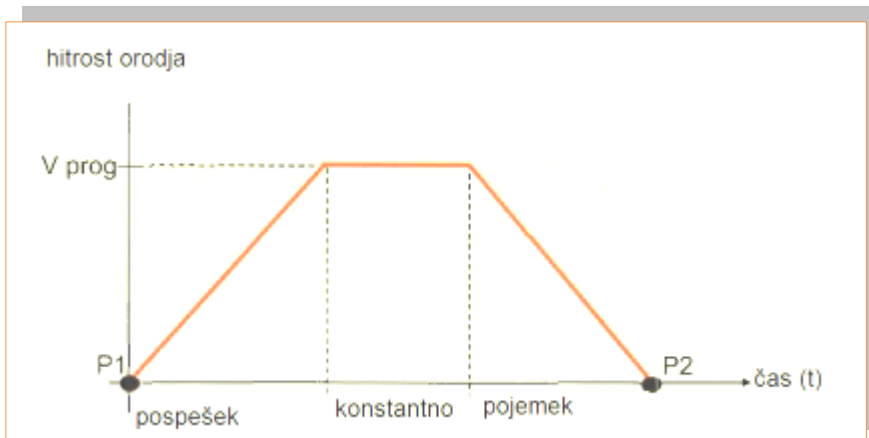
Slika 10.8: CIRC-gibanje vrha orodja robota

Vir: www.kuka.de (4.1.2012)



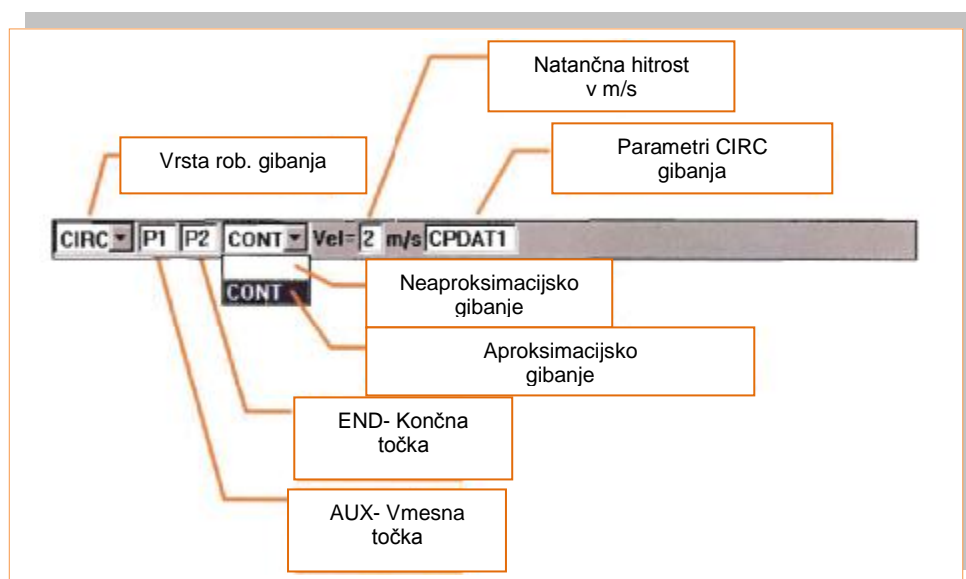
Slika 10.9: Potek programiranja krožnega gibanja robota

Vir: www.kuka.de (4.1.2012)



Slika 10.10: Trapezni profil hitrosti pri CIRC-gibu robota

Vir: www.kuka.de (4.1.2012)



Slika 10.11: Programiranje CIRC-giba

Vir: www.kuka.de (4.1.2012)



POVZETEK

Robote lahko programiramo neposredno z učno enoto ali neposredno na delovnem računalniku, s katerega prenesemo program v robotski sistem. V osnovi poznamo tri gibe, ki služijo za pomik vrha orodja robota. To so linearni gib, gibanje od točke do točke in krožni gib. Linearni gib opravi vrh orodja robota od prve programirne točke do druge programirne točke v ravnini in z naprej znanimi linearnimi gibanji robotskih osi. Gibanje od točke do točke poteka po najbližji možni točki. Pri tem moramo paziti na gibanje robotskih osi in s tem povezane nevarnosti trkov in poškodb. Krožni gib se v robotiki uporablja za krožno interpolacijo gibov vrha orodja robota.



PONOVIMO

1. Opiši PTP-gibanje vrha orodja robota.
2. Opiši LIN-gibanje vrha orodja robota.
3. Opiši CIRC-gibanje vrha orodja robota.

11 ROBOTSKA PRIJEMALA

Da bi si olajšali delo, ljudje že od vsega začetka odkrivajo orodja. Zaradi tega je prišlo tudi do razvoja robotov, namenjenih za prevzem dela človeških rok in s tem do razvoja ter uporabe robotskih prijemal. S pomočjo robota lahko v krajšem času opravimo veliko več dela in s tem človeka razbremenimo predvsem težkih in zdravju škodljivih del.

Najprej so razvili robotska prijemala za dela s težkimi pogoji (npr. litje železa), kasneje so prijemalom dodali tudi prste, podobne človeški roki, z namenom, da bi bili roboti čim bolj prilagodljivi za delo, ki ga opravljajo namesto ljudi. Z direktnim kontaktom robotskih prijemal je poenostavljeno delo na vseh področjih avtomatizacije. Le z dobrim poznavanjem in posledično izkoriščanjem robotskih prijemal lahko pridemo do optimizacije proizvodnje.

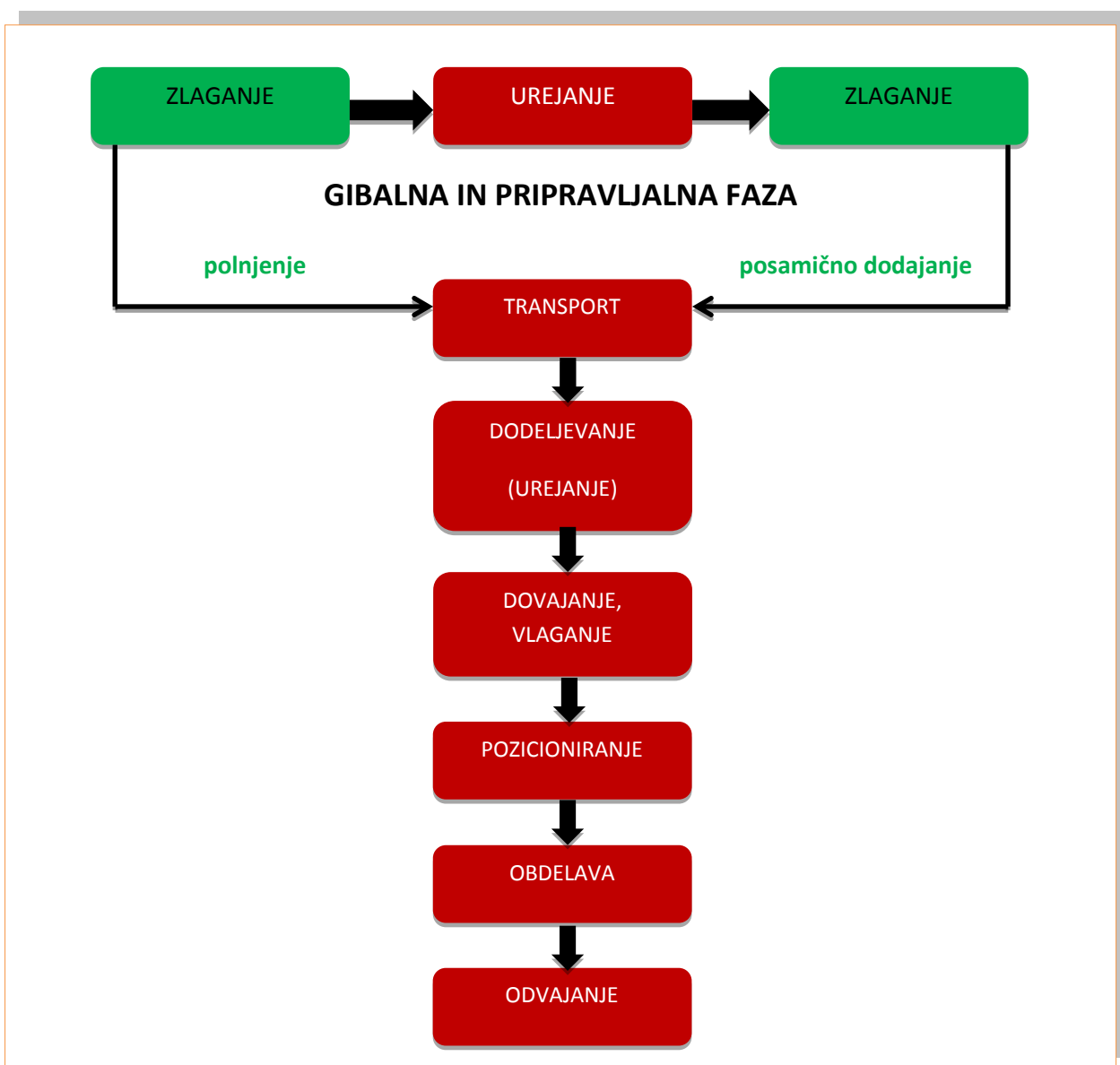


Slika 11.1: Robotska roka

Vir: <http://mindtrans.narod.ru/hands/hands.htm> (5.1.2012)

UPORABA ROBOTSKIH PRIJEMAL

S pomočjo prijemal opravlja robot ogromno del: sestavlja, pakira, testira, premika, barva ter vari. Glavni namen prijemal je prijem surovin, izdelkov in orodij za njihov transport in namestitvev v določeno lego. Z robotskimi manipulatorji želimo posneti človeško roko, medtem ko želimo s prijemali doseči fizikalne lastnosti človeških prstov.



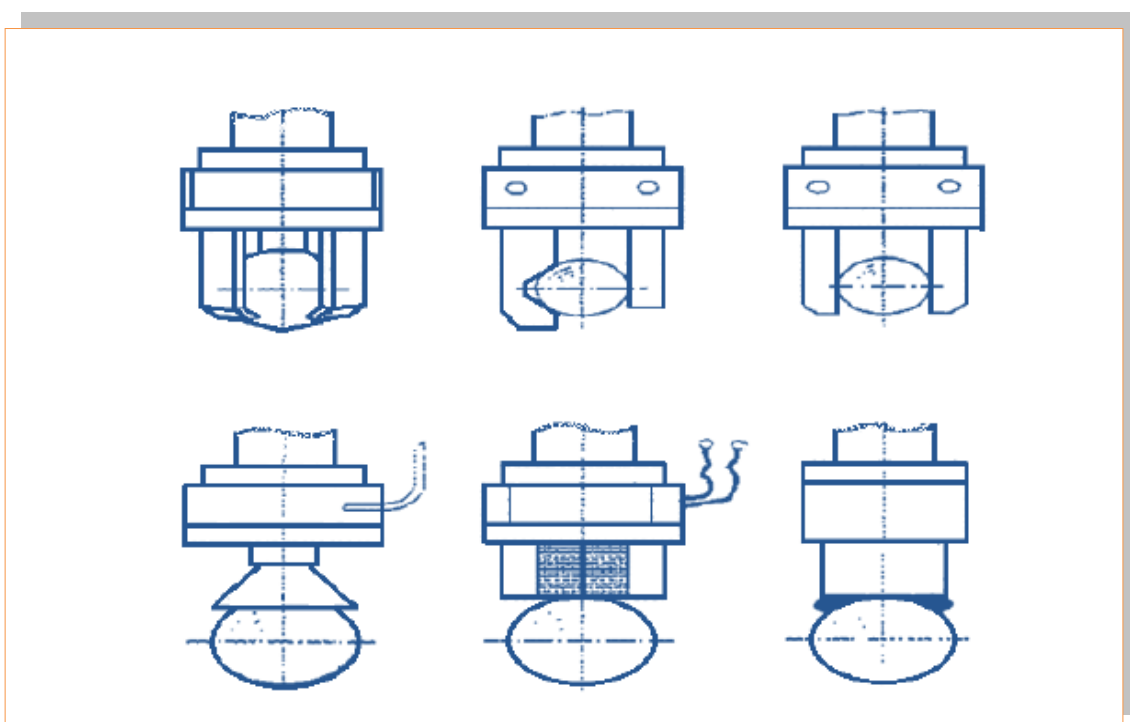
Slika 11.2: Potek izvajanja naloge prijemala

Vir: Lastni

OBLIKE ROBOTSKIH PRIJEMAL

Najpogostejše oblike prijemal so:

- prijemala na silo oziroma stisk (prsti);
- prijemala na silo in obliko (vakuum);
- prijemala na obliko oziroma sprijem (uporabljeno lepljivo, sprijemljivo sredstvo) ter
- prijemala na vbod.

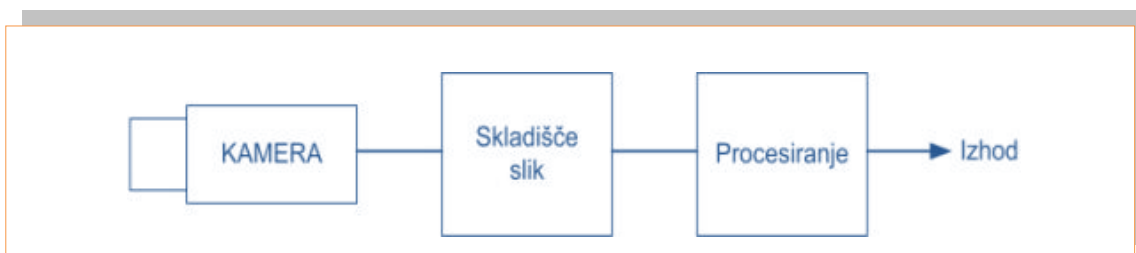


Slika 11.3: Prijemala

Vir:

12 STROJNI VID

V proizvodnih sistemih so v preteklosti običajno delavci preverjali izdelke in se odločali o kvaliteti. Ker pa smo omejeni s časom in možnostjo človeške napake, se dandanes čedalje bolj v ta namen uporablja strojni vid. V tem primeru zajemamo sliko s posebno industrijsko CCD-kamero v kombinaciji z zmogljivimi algoritmi za procesiranje in obdelavo slik. Na takšen način dosežemo enotno in zanesljivo vizualno avtomatizirano meritev.

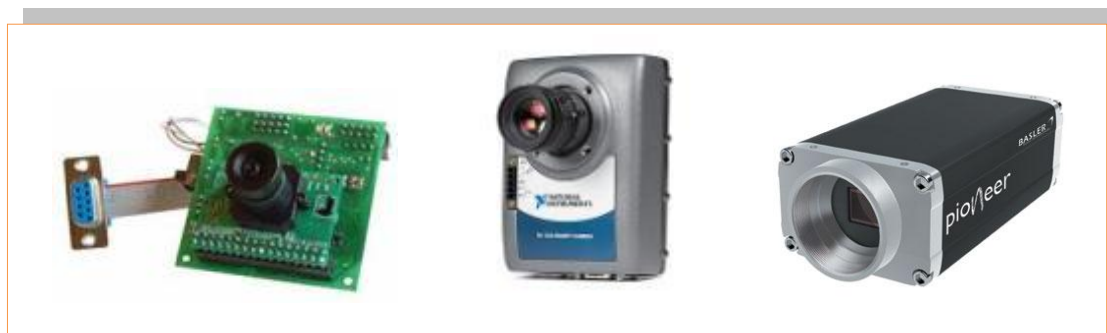


Slika 12.1: Osnovni sistem strojnega vida

Vir: Lastni

Kamera sliko zajema in jo oblikuje. Skladišče slik (frame grabber) pretvori serijo slik v digitalno obliko in jih shrani. Modul procesiranja pa slike obdela in analizira glede na zahtevano nalogo (prepoznavna vzorcev slike). Torej modul procesiranja iz slike potegne želeno informacijo. Procesiranje se izvede v večih korakih:

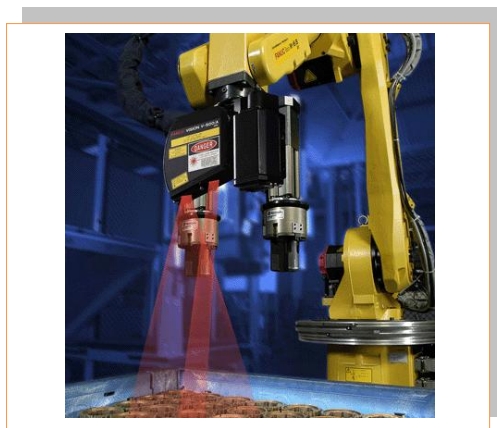
- Pred-procesiranje ⇒ izboljšava zajete in popačen slike.
- Ekstrakcija lika ⇒ detekcija roba lika.
- Analiza ⇒ izračun površine, centra, razpoznavna vzorcev, npr. n-tulpe tehnika, ki ugotovi neznan vzorec med znanimi.



Slika 12.2: Industrijske kamere

Vir: www.basler.com, www.ni.com (7.1.2012)

Sistemi strojnega vida v proizvodnih procesih omogočajo večjo kvaliteto ter manjši izmet izdelkov. S takšnimi sistemi lahko zaznavamo izdelke z napako, nadziramo montažo izdelkov, lociramo in identificiramo izdelke, sledimo izdelke ter izvajamo ostale avtomatizirane meritve. Strojni vid je osnovi digitalna kamera s primerno lečo in osvetlitvijo ter vsa krmilna elektronika in programska opremo, ki omogoča zajem in obdelavo slike izdelka, na katerem izvajamo avtomatizirano meritev. Poznamo samostojne kamere za strojni vid, ki se namestijo v avtomatizirani sistem, zajem in obdelava slike pa potekata na nadzornem računalniku. V tem primeru mora nadzorni računalnik vsebovati tudi dodatno vhodno izhodno enoto, ki omogoča komunikacijo z ostalimi nadzornimi računalniki. Kamera potrebuje tudi primerno osvetlitev izdelka, ki omogoča čim boljši zajem slike ter napajalnik. Pomembna je tudi resolucija industrijske kamere, ki pomeni tudi resolucijo in natančnost avtomatizirane meritve. Poleg omenjenih kamer poznamo tudi posebne pametne industrijske kamere (smart kamere), ki omogočajo zajem in obdelavo slike brez zunanega nadzornega računalnika, ker imajo sistem integriran že v sami kameri. Pametne kamere so zato nekoliko večje in dražje. Med pomembnejšimi proizvajalci industrijskih kamer naj omenimo National Instruments in Basler.



Slika 12.3: Primer robotskega strojnega vida 1

Vir: http://www.florobot.com/urunler_eng.asp?b=d&ID=37&IDD=70&p=3 (8.1.2012)

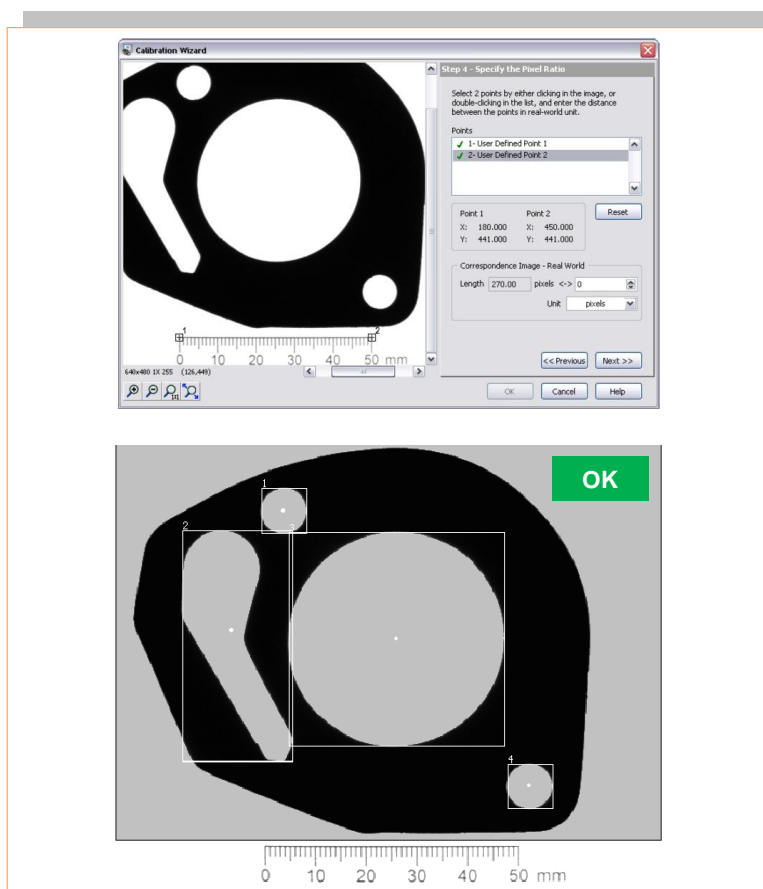
V robotskih sistemih je strojni vid prisoten v mnogo aplikacijah. Med mnogo možnostmi omogoča zaznavanje pozicije izdelkov na tekočem traku, ki jih robot manipulira; omogoča meritev polizdelkov, ki jih streže robot; šteje izdelke, ki jih robot paletizira ali pa preverja zvar pri robotskem varjenju.



Slika 12.4: Primer robotskega vida 2

Vir: <http://www.lyl-ingenieria.com/en/industry-solutions/viro-3d-robot-vision/c6r30/> (8.1.2012)

Poleg industrijske kamere potrebujemo tudi programsko opremo za programiranje in nastavitve parametrov avtomatizirane meritve izdelka (npr. NI Vision Builder). Programska oprema omogoča nastavitve vseh parametrov zajemanja slike, programiranje meritve in prikaz meritve.



Slika 12.5: Nastavitve parametrov strojnega vida - na sliki meritev prisotnosti malih lukenj

Vir: www.ni.com (10.1.2012)



POVZETEK

Pri strojnem vidu sliko zajemamo s posebno industrijsko CCD-kamero v kombinaciji z zmogljivimi algoritmi za procesiranje in obdelavo slik. V robotskih sistemih je strojni vid prisoten v veliko različnih avtomatiziranih aplikacijah. Sistemi strojnega vida v avtomatiziranih proizvodnih procesih omogočajo večjo kvaliteto ter manjši izmet izdelkov



PONOVIMO

1. Kaj je strojni vid?
2. Kakšne kamere se uporabljajo pri industrijskem strojnem vidu?
3. Naštej nekaj primerov uporabe strojnega vida v robotskih sistemih.

13 VARNOST V ROBOTSKIH APLIKACIJAH

Industrijski robot je pozicijsko vodena, programabilna in večopravilna naprava, ki se giblje vzdolž več prostostnih stopenj v prostoru. Namenjen je manipulaciji materiala, obdelovancev in orodij pri izvajanju različnih delovnih nalog in programiranih gibov.

Glede na zagotavljanje varnosti predstavlja uvajanje industrijskih robotov v proizvodnjo dva nasprotna si vidika. Na eni strani v nevarnem in človeku škodljivem okolju uporaba industrijskih robotov povečuje človekovo varnost. Uporaba robotov za avtomatsko varjenje, kovanje, peskanje, barvanje itd. omogoča, da je človek umaknjen iz neprijaznega in nevarnega delovnega okolja. Na drugi strani pa lahko roboti med obratovanjem sami ogrožajo varnost delavcev. Pri delu z roboti so možni nesrečni slučajji, lahko tudi tragični, če ni ustrezno poskrbljeno za zagotavljanje varnosti.

Glavna nevarnost pri delu z roboti na človeka preti v robotovem delovnem prostoru. Robot je sposoben prostega gibanja v širokem prostoru, sposoben je hitrih nepredvidenih gibov in nagle spremembe konfiguracije. Navedeno lahko predstavlja neposredno ogrožanje varnosti osebe, ki dela ali stoji v bližini robota. Iz tega razloga je potrebno pri vsaki robotski celici oceniti, kakšno je tveganje za varnost in uvesti ukrepe za zmanjšanje možnosti nesreč.

Nepričakovano gibanje robota lahko povzroči okvara sistema ali človeška napaka.

Med te prištevamo:

- nepredvideno obnašanje robota, katerega vzrok je napaka v robotskem krmilnem sistemu;
- prekinitev pomembnih kabelskih povezav, ki je posledica robotskega gibanja;
- napaka pri prenosu podatkov, ki povzroči gib robota večji od pričakovanega;
- napaka ali okvara delovanja orodja npr. varilne pištrole;
- programske napake ali druge napake v delovanju;
- premajhna preciznost gibanja ali izraba;
- nekompatibilnost vpenjal in drugih orodij.

NEVARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI

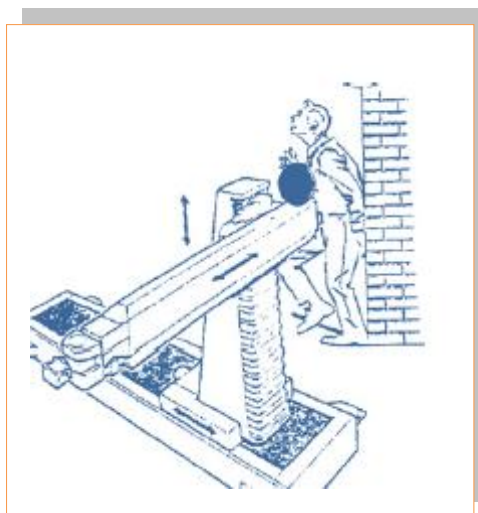
V osnovi obstajajo tri potencialne nevarnosti pri delu z industrijskimi roboti:

- **Nevarnost trka** – možnost, da gibajoči se robot ali orodje, ki ga robot nosi, zadane operaterja. Trk je lahko posledica nepričakovanega giba robota ali izmeta/izpustitve obdelovanca.
- **Nevarnost stisnjenja** – robot med gibanjem v bližini objektov, ki so fiksni (stroji, oprema, ograja ...) stisne operaterja. Nevarnost stisnjenja obstaja tudi pri delu ob vozičkih, tekočih trakovih, paletah in drugih transportnih mehanizmih.
- **Ostale nevarnosti**, ki so specifične posamezni robotski aplikaciji, kot npr. nevarnosti udara električnega toka, vplivov varilnega obloka, opeklin, strupenih snovi, sevanja, prekomernega zvoka itd.



Slika 13.1: Nevarnost stiska pri delu z roboti

Vir: www.ro.feri.uni-mb.si (11.1.2012)



Slika 13.2: Nevarnost stisnjenja

Vir: www.ro.feri.uni-mb.si (11.1.2012)

Nevarnosti izvirajo iz naslednjih vzrokov:

Nevarnosti krmilnega sistema:

To so nevarnosti napak, ki se zgodijo v robotskem krmilniku, kot so npr. programske napake, napake zaradi interference signalov ter napake v hidravličnih, pnevmatskih ali električnih podsistemih povezanih z robotom.

Mehanske nevarnosti:

V ta razred sodijo nevarnosti, ki so posledica mehanskih lastnosti obdelovancev ali orodij, ki jih prenaša robot. Te so npr. ostri robovi, večje mase ali nezastрте elektrode. Zaradi mehanskih napak lahko robotsko prijemalo nepredvideno izpusti obdelovanec. Vzroki mehanskih napak so prekomerna obremenitev, korozija, utrujanje materiala in pomanjkljivo vzdrževanje.

Nevarnosti okolja:

Uporaba robotov lahko v določenih situacijah povzroči tudi tveganja iz okolja. Tovrsten primer so varilne robotske celice, od katerih se širijo varilni plini, varilno iskrenje ter leteči delci. Podobno tveganje predstavljajo tudi prah, vlaga, ionizirajoče in neionizirajoče sevanje, laserski žarki, ultra vijolična svetloba ter gorljivi in eksplozivni plini.

Nevarnosti človeških napak:

V večini robotskih celic mora operater delati v bližini robota ali vstopati v njegov delovni prostor. V tem primeru je izpostavljen nevarnosti trka ali stisnjenja, ki lahko nastopi med programiranjem, učenjem gibanja, vzdrževanjem ali delom v bližini robota npr. vlaganjem ali jemanjem obdelovancev iz celice. Slabo poznavanje opreme je glavni vzrok za človeške napake pri delu z roboti.

Nevarnosti perifernih naprav:

V večini robotskih celic robot dela v povezavi s perifernimi enotami, kot so obdelovalni stroji, tekoči trakovi, obdelovalna orodja, stiskalnice itd. Tovrstna oprema prav tako lahko predstavlja varnostno tveganje, če so nevarni deli v dosegu operaterja in niso zaščiteni z varnostnimi ograjami.

Poročila o nesrečah z industrijskimi roboti odkrivajo, da se večino nesreč dogodi, ko operater vstopi v robotski delovni prostor potem, ko se je robot predhodno ustavil ali se gibal počasi, nenadoma pa se je začel gibati in hitro pospeševati.

ZAHTEVE IN ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI PRI DELU Z ROBOTI

Pomembne točke varnostnih priporočil, ki zadevajo neposredno rokovanje industrijskega robotskega mehanizma in človeka, določa **standard ISO 10218-1** z naslednjimi postavkami:

- 5.9 Priporočila za simultano delovanje več robotov, ki določajo pogoje za vodenje več robotskih manipulatorjev z enim krmilnikom.**
- 5.10 Zahteve in pogoji za skupno delovanje robota in človeka.**
- 5.12.3 Priporočila za programsko omejevanje gibanja osi in delovnega prostora, ki omogočajo uporabo elektronskih naprav in programskih orodij omejevanja delovnega prostora in hitrosti gibanja robota v smislu zagotavljanja varnosti.**

Standard ISO 10218-2 (angl. Robots and robotic devices - Safety requirements – Part 2: Industrial robot system and integration) opisuje normative in določila o sodelovanju človeka in robota ter predstavlja nadgradnjo predhodne izdaje standarda (ISO 10218-1).

Splošne zahteve za varno delovanje industrijske strojne opreme predvidevajo, da morajo biti vsi gibajoči se deli opreme, vsak del prenosnih sistemov in vsak nevaren del varno zakriti. Izjeme obstajajo v primerih, ko so ti deli v takšnem položaju ali so takšne konstrukcije, da so že sami po sebi varni, kot da bi bili zakriti. Pri klasičnih strojih so nevarni deli običajno vgrajeni v njegovi notranjosti.

Vzroki nesreč so večinoma pripisani človeškemu faktorju, saj je delovanje strojev je pod popolno kontrolo človeka. V nasprotju s stroji pa je pri robotski celici lahko potencialno nevarna širša okolica robota, ki obsega celoten delovni prostor robota, pa tudi bližnjo okolico v primeru letečih delcev ali kosov. Zaradi tega je potrebno skrbno preučiti do kod sega področje nevarnosti in tega ustrezno zaščititi.

Da bi zagotavljali čim boljše varovanje oseb v robotskih celicah, poznamo več standardov:

Definicija industrijskega robota po ISO 8383:

Robot je avtomatsko krmiljen, reprogramabilen, multifunkcionalen manipulator s tremi ali več osmi, fiksno pritrjen ali mobilni in se uporablja v avtomatiziranih industrijskih aplikacijah.

Japanese industrial robot association:

Robot je mehanična roka, ki je sposobna v določenem obsegu glede na vašo izbiro (predprogramiranje) opravljati manipulacijsko delo.

Robot institute of America:

Robot je večnamenski, reprogramabilen in multifunkcionalen manipulator, namenjen prestavljanju materiala, orodij in delov po različnih poteh s ciljem, da opravi razne naloge.

Newell A.:

Robotika je znanstvena panoga, ki združuje inteligenco z energijo in predstavlja inteligentno opravljanje senzorsko nadzorovanega koordiniranega gibanja.

ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI NA NIVOJU STROJNE OPREME

Varnostna zaščita se na nivoju strojne opreme lahko izvaja na treh nivojih.

Nivo 1:

To je nivo varovanja obsega celotne robotske celice. Običajno je varovanje izvedeno s fizičnim ograjevanjem, s pomočjo kombinacije mehanskih ograj in vrat. Kot opcija so lahko uporabljene tudi naprave za zaznavanje prisotnosti.

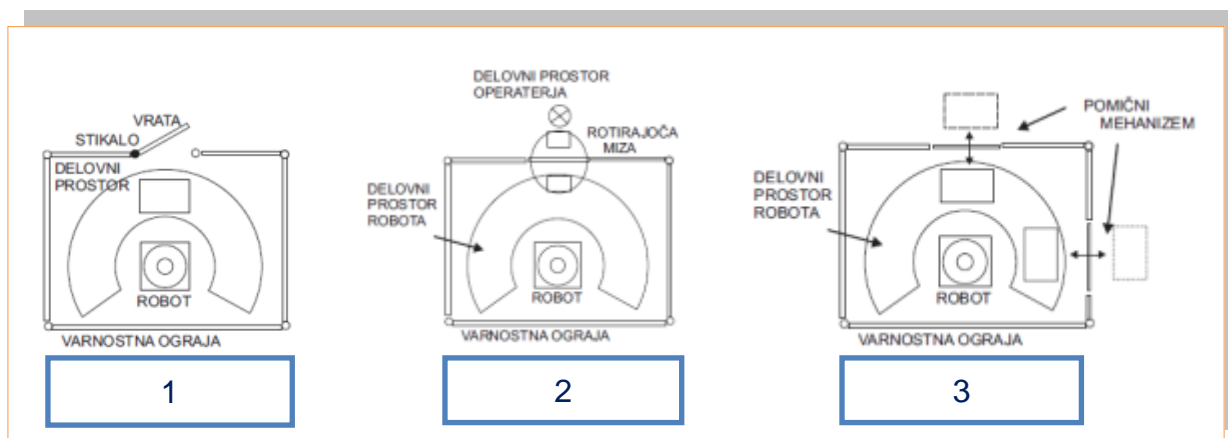
Nivo 2:

Vključuje nivo varovanja človeka, ki se nahaja v delovnem prostoru robota. Običajno je varovanje izvedeno s pomočjo senzornih naprav za zaznavanje prisotnosti človeka. Z razliko s predhodnim nivojem, kjer gre predvsem za ograjevanje, je v tem primeru poudarek na zaznavanju prisotnosti operaterja.

Nivo 3:

Gre za nivo varovanja človeka v neposredni bližini robota. Varovanje na tem nivoju se izvaja z zaznavanjem prisotnosti človeka ali ovir v bližini robota ali pa neposrednega stika z robotom ter posledično s takojšnjo zaustavitvijo delovanja. Za ta namen so uporabljane naprave za merjenje položaja človeka in različni senzorji kolizije, kot so npr. senzorji sil in momentov ali kontaktni senzorji dotika.

V večini robotskih aplikacij je zahtevan vsaj en nivo varovanja. Glede na oceno tveganja, pa je mogoče izvajati več nivojev varovanja hkrati. Naslednje slike prikazujejo več primerov prvega nivoja varovanja, kjer operater praviloma ne vstopa v samo robotsko celico. Na prvi sliki je fizično ograjevanje robotske celice z ograjo z vrati. Operater lahko vstopi v robotsko celico samo v primeru, kadar robot ni v obratovanju. V kolikor vstopi med obratovanjem, stikalo na vratih izklopi delovanje. V drugem in tretjem primeru sta delovni prostor operaterja in robota popolnoma ločena. Vstavljanje obdelovancev in jemanje obdelovancev iz celice je izvedeno preko rotirajoče mize ali pomičnih mehanizmov.



Slika 13.3: Prikaz primerov prvega nivoja varovanja ob vstopu v robotsko celico

Vir: www.ro.feri.uni-mb.si (11.1.2012)

Na drugem nivoju varovanja, pri katerem operater lahko vstopa v robotsko celico, je varovanje izvedeno na osnovi senzorjev za ugotavljanje prisotnosti operaterja. To so običajno optični senzorji, ki delujejo na principu zaznavanja prekinitve žarka, postavljeni v formacijo optičnih zaves. Alternativa je uporaba senzornih preprog, ki na osnovi izmerjenega tlaka na podlago, zaznavajo položaj operaterja. V osnovi naj bi bili senzorji za ugotavljanje prisotnosti uporabljeni le kot sekundarna oblika zagotavljanja varnosti in to le v primerih, ko je nujno potreben omejen dostop do robota.

Podobno velja za zagotavljanje varnosti na tretjem nivoju. Senzorji za zaznavanje kolizije z robotom so nameščeni na robotske segmente ali na vrh robota. Ta pristop se uporablja v primerih celic z manjšimi roboti, kjer operater med obratovanjem stoji v bližini robota. Signal, ki ponazarja kolizijo z robotom, povzroči hipno izključitev obratovanje robotske celice.

Tipka za izklop v sili je pomembna pri zagotavljanju varnosti, saj operaterju omogoča hitro zaustavitev gibanja robota. Nameščena je na več mestih v robotski celici in je nujno velika ter rdeče obarvana, da je lahko opazna in dosegljiva. Praviloma je nameščena na robotskem krmilniku, na enoti za ročno učenje ter na ograji robotske celice. Vse varnostne naprave, kamor spada tudi tipka za izklop v sili, so zaradi čim hitrejšega izklopa obratovanja s krmilnikom povezane preko ožičene logike in niso del programske opreme.

Zagotavljanje varnosti pri razvoju programske opreme Programiranje in učenje robotskega gibanja se izvaja s pomočjo ročnega vodenja robota preko položajev, ki jih robotski krmilnik pomni in jih nato v avtomatskem načinu izvaja. Za ta namen je uporabljena enota za ročno učenje. Možno je tudi učenje s fizičnim vodenjem vrha robota vzdolž trajektorije gibanja, ki si jo robotski krmilnik zapomni in izvaja. V obeh primerih se mora operater med učenjem nahajati v robotski celici relativno blizu robotu.

Med učenjem je zato za zagotavljanje varnosti potrebno biti pozoren na naslednje:

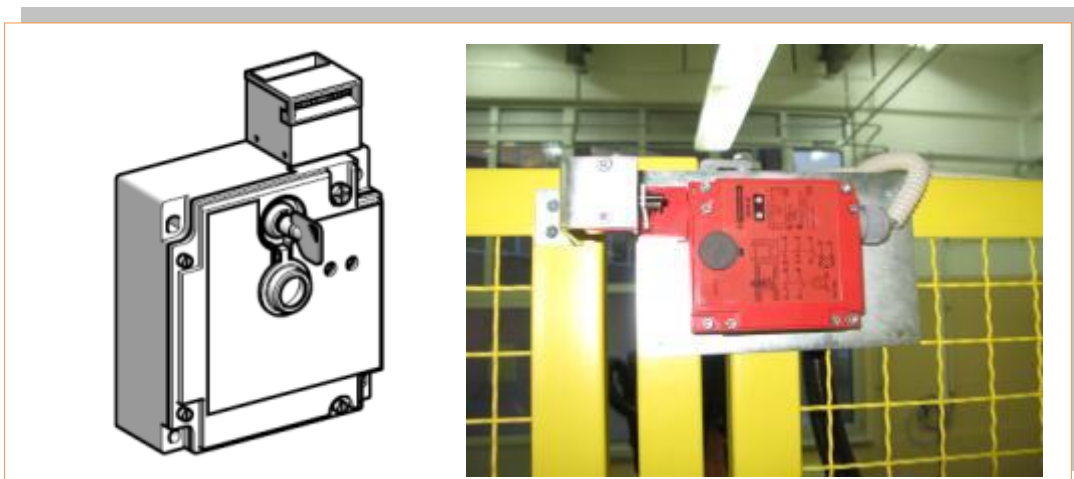
- Operater, ki uči robota mora biti za to dobro usposobljen, mora biti seznanjen z vsemi nevarnostmi in mora upoštevati ukrepe za zagotavljanje varnosti.
- Med učenjem gibanja se robot ne sme gibati z visokimi hitrostmi.
- Operater mora imeti lahek in hiter dostop do tipke za izklop v sili.
- Operater mora v vsakem trenutku stati na mestu, kjer je majhna možnost, da ga robot stisne k fiksnim objektom v celici ali da ga poškoduje v primeru okvare. Hkrati pa mora poskrbeti, da ima dober pregled nad obratovanjem.
- Priporočljivo je, da je pri učenju prisoten opazovalec, ki se nahaja izven delovnega področja robota in ima dostop do takojšnjega izklopa v sili.
- Kjer je to potrebno, mora operater nositi zaščitno opremo in zaščitno obleko. Zaščitna čelada je obvezna, kadar obstaja možnost poškodbe glave.
- Ročna učilna naprava mora biti izvedena tako, da omogoča gibanje robota samo v primeru, ko operater drži posebno tipko.

VARNOSTNA KLJUČAVNICA Z ZAKLEPANJEM

Varnostno ključavnico najpogosteje uporabljamo na vratih robotske celice. Namenjena je temu, da bi ob vstopu osebe v prostor robot nemudoma prenehal delovati in bi se ustavil.

Poznamo več vrst robotskih varnostnih ključavnic.

Najosnovnejše varnostne ključavnice imajo le preklopno stikalo, s katerim sporočijo, da so vrata odprta. Poznamo pa tudi takšne, ki lahko ob delovanju robota ključavnica s pomočjo elektromagneta zaklene celotno robotsko celico (slika 37).

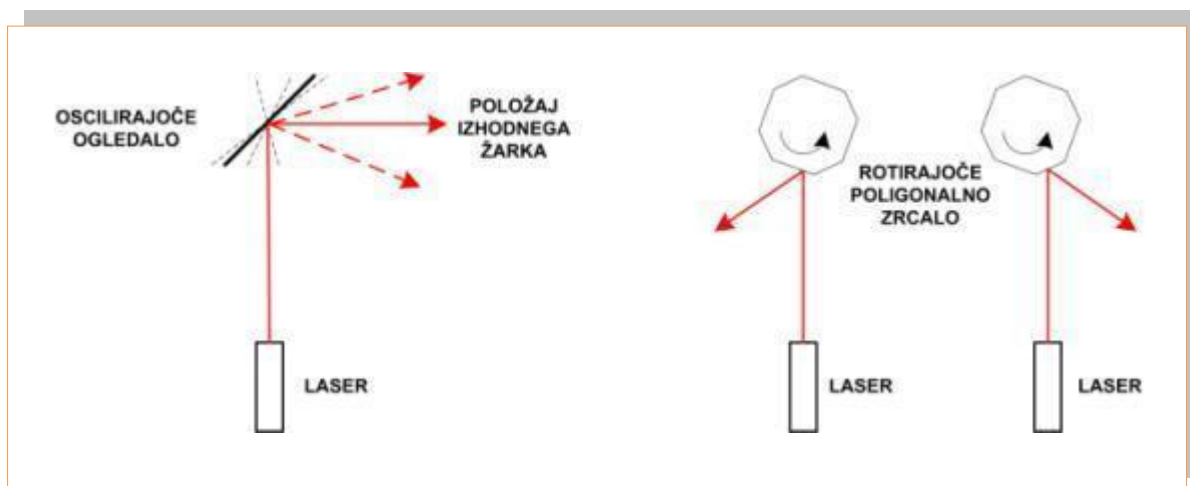


Slika 13.4: Varnostna ključavnica

Vir: Lastni

RAZPOZNAVA Z LASERJEM

Pri sistemih umetnega vida s kamero kamera zajema sliko osvetljene površine. Pri sistemih, ki skenirajo z laserjem, pa laser oddaja ozek laserski žarek, ki samo v določeni točki osvetli objekt. Odbiti laserski žarek se zajame s široko področnim detektorjem. Prednost pred zajemanjem s kamero je, da laser ne potrebuje svetlobe okolja, ampak si generira sam. Skeniranje (razpoznavanje) ima veliko resolucijo (5000 do 30000 točk), hitrost skeniranja pa je preko 10^8 točk na sekundo. Linije skeniranja se dosežejo z zapletenim sistemom prizem in in ogledal. Za enostavne sisteme (malo točk in majhne hitrosti skeniranja) se uporabljajo oscilirajoča ravna ogledala. Pri večjih hitrostih skeniranja in večji resoluciji se uporabljajo rotirajoča poligonalna ogledala.



Slika 13.5: Oscilirajoče zrcalo in rotirajoče poligonalno zrcalo

Vir: Lastni

VARNOSTNI SCANNER SICK

Varnostni scanner je višji nivo varnosti v robotski celici. Z njim dosežemo boljše varovanje oseb, ki delajo v robotskem prostoru. Uporablja se za mnogo aplikacij, nameščen je tudi na transportnih vozičkih, da se ne bi kam zaleteli. Z varnostnim scannerjem lahko ustvarimo takšno aplikacijo, da bo oseba v neposredni bližini stregla robotu s komponentami. Kljub temu oseba v tem prostoru ni povsem varna. Varnostni scannerji prihajajo v industriji čedalje bolj v uporabo, saj so zelo fleksibilni, prilagodljivi in reprogramabilni.

Varnostni scanner S3000

Splošne informacije:

- Dolžina varnostnega prostora: 7 m
- Minimalni odzivni čas: 60 ms
- Kot merjenja: 190°
- Temperaturno območje delovanja: -10°C do +50°C
- Število območij: 4
- Število varnostnih območij: 4
- Število možnih spremljanj: 4
- Možno spremljanje dveh različnih zaščitnih območij
- Štirje digitalni vhodi za preklapljanje
- OSSD par z EDM
- EFI povezava za inteligentne sisteme in povezovanje dveh S3000 scannerjev
- 7-segmentni display za lažje diagnosticiranje
- Odpornost na zunanjo svetlobo bleščanje in prah
- Konfiguracija scanner-ja z računalnikom
- Safebus – integriran v scannerju
- Lahka menjava V/I modula za večjo rentabilnost



Slika 11.6: Varnostni skener

Vir: Lastni

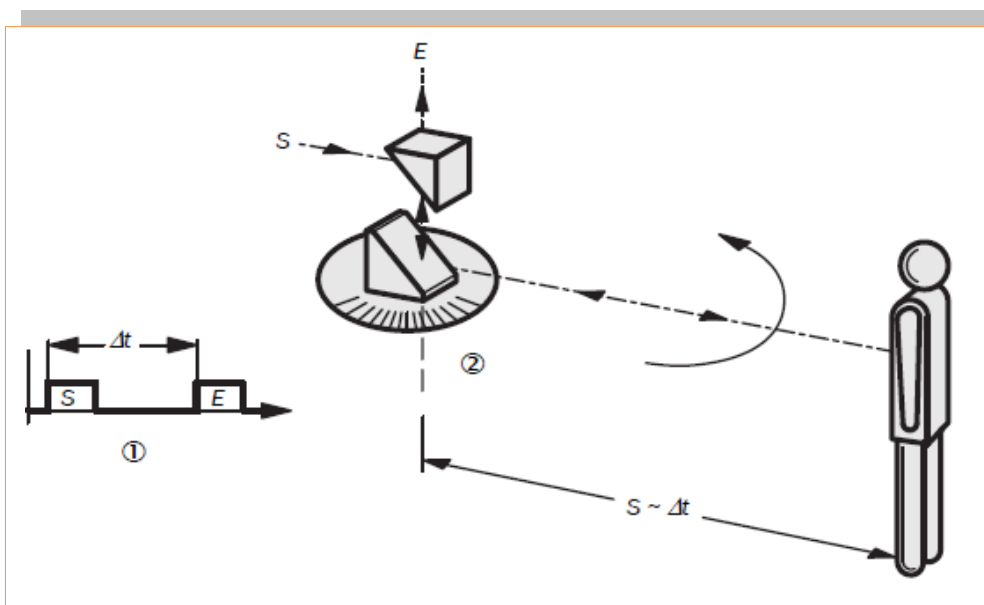
Princip delovanja in funkcije:

Kontrolni sistem naprave ali vozila mora biti električni.

Nevarno cono območja naprave ali vozila je možno zavarovati kadarkoli s OSSD na S3000 po integraciji v sistem.

S 3000 mora biti nameščen in konfiguriran tako, da zazna vse objekte, ki vstopajo v varovano območje.

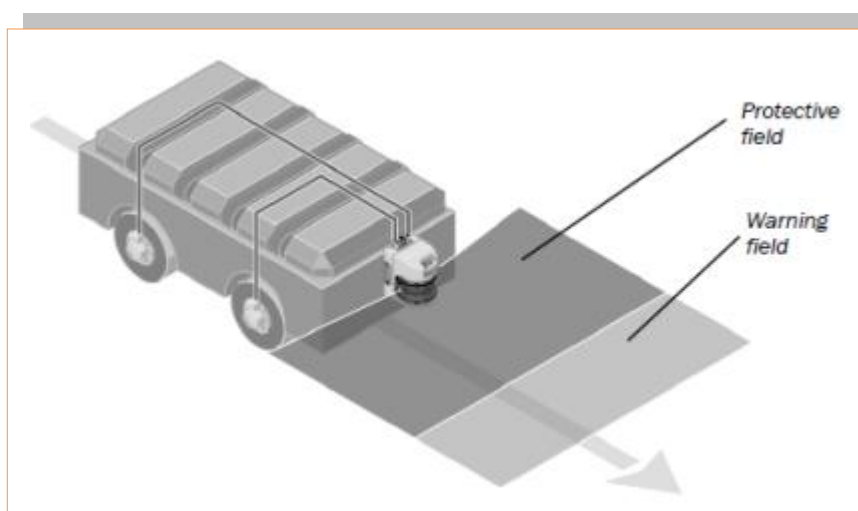
S3000 je optični senzor, ki zaznava okolico v dveh smereh s pomočjo infrardečega laserja. S3000 deluje na principu merjenja razdalje v odvisnosti od časa. Kratek žarek scanner pošlje in čaka na odboj. Če pride telo v varovano cono, to telo odbije žarek nazaj do sensorja in senzor izmeri čas, potreben za potovanje žarka. V senzorju se s konstantno hitrostjo vrti ogledalo za 190° in usmerja oddane ter odbite žarke do infrardečega sensorja. Takoj, ko se žarek odbije, scanner izračuna tudi kot, pri katerem se je žarek odbil. Tako lahko scanner natančno ve, kje in v kateri coni se nahaja objekt.



Slika 13.7: Delovanje optičnega senzorja

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)

Scanner varuje nevarni prostor naprave ali vozila, kjer bi lahko prišlo do poškodb. Takoj, ko zazna objekt v nevarnem območju, izklopi OSSD in prekine delo ter zaustavi napravo ali vozilo.



Slika 13.8: Prikaz varovanja

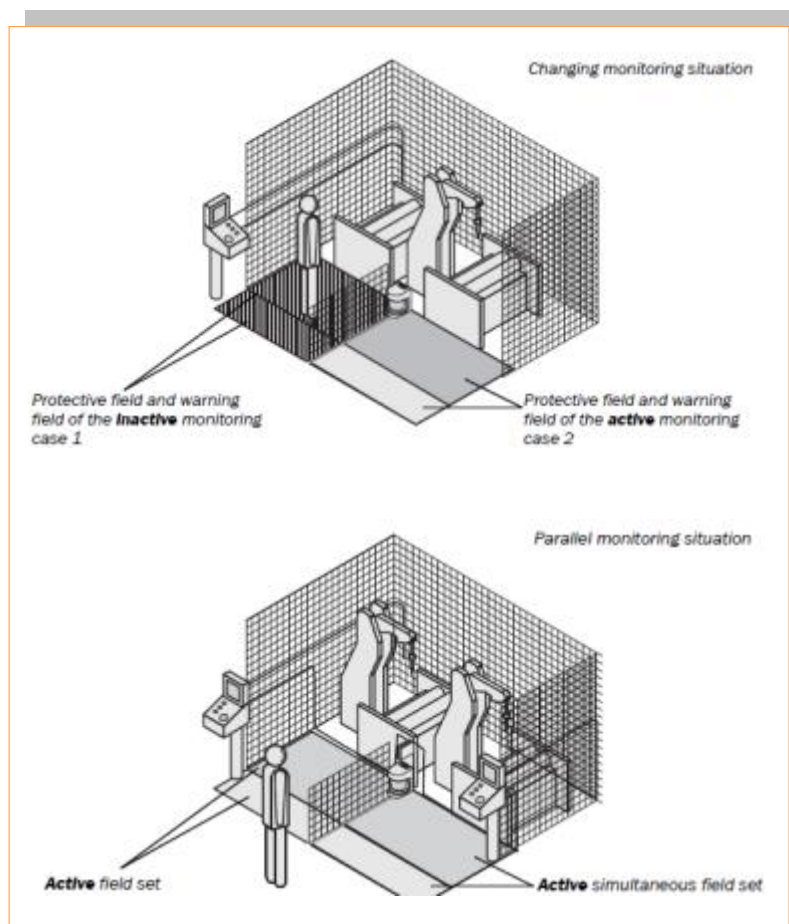
Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)

Trojno območje delovanja:

Na laserskem scannerju lahko nastavimo več območij delovanja. Nastavimo lahko eno varovano območje in dve opozorilni območji. Takoj, ko je zaznan predmet v opozorilni coni, vozilo upočasni na 50 % svoje hitrosti. Če je ta objekt zaznan v drugi opozorilni coni, voziček upočasni na 20 % svoje hitrosti. Če pa se vozilo temu objektu tako približa, da je v varovani coni, se vozilo nemudoma ustavi. S tem načinom delovanja je proces vožnje hitrejši in tudi bolj ekonomičen. Kajti, če se vozilo na svoji največji moči takoj ustavi, pri tem trpi motor in vsa močnostna elektronika.

Simultano delovanje:

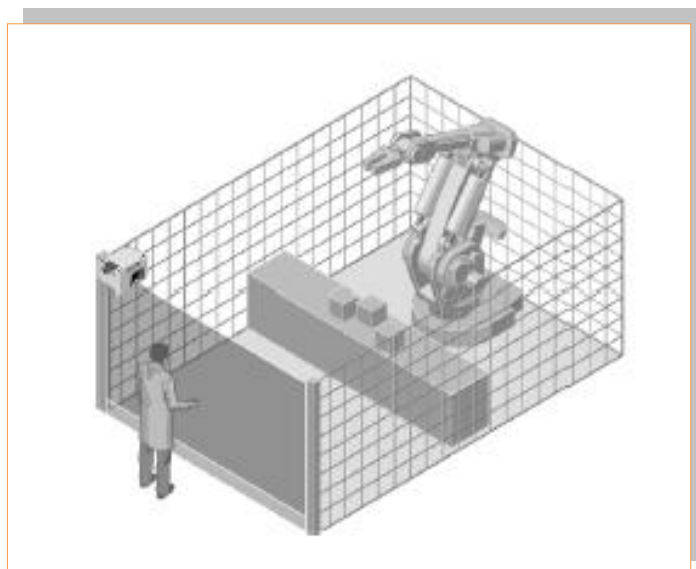
Scanner lahko deluje tudi v dveh različnih robotskih celicah. Nastavimo lahko dve različni varovani coni, ki delujeta vsaka zase. Skupaj s FlexiSoftsafetycontrolerjem generirata dva para OSSD, s katerima je možno nadzorovati dve neodvisni coni.



Slika 13.9: Zaznavanje prisotnosti delavca

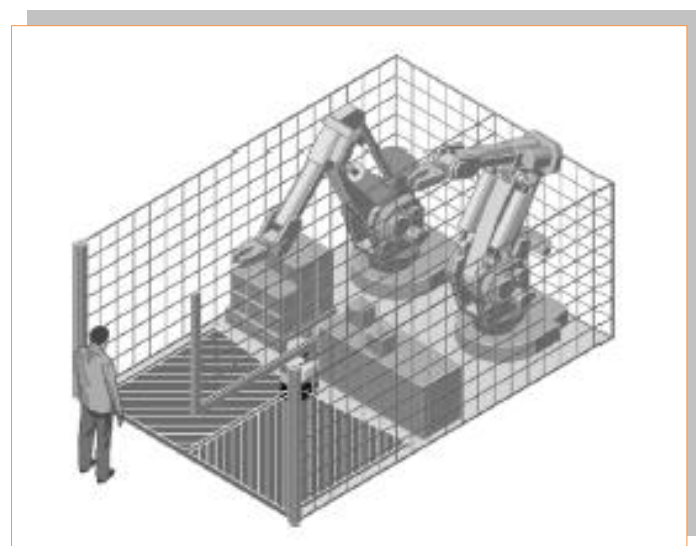
Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)

Aplikacije:



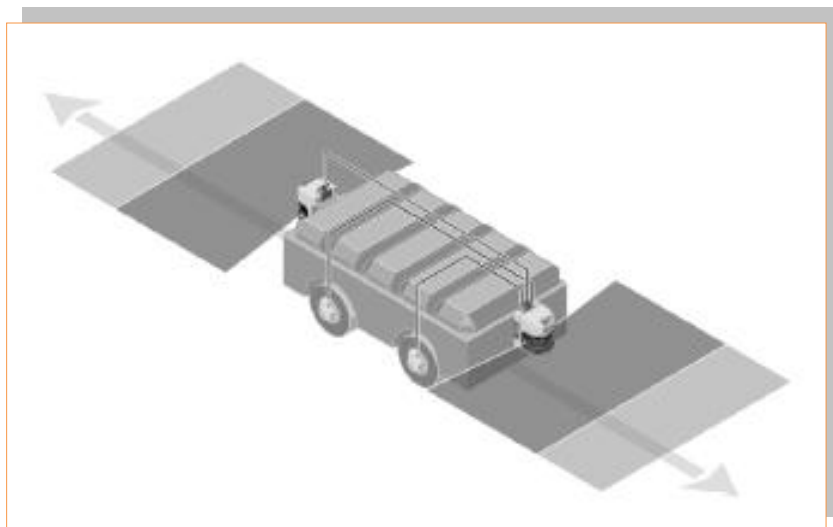
Slika 13.10: Varovanje dostopnega mesta do robota

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



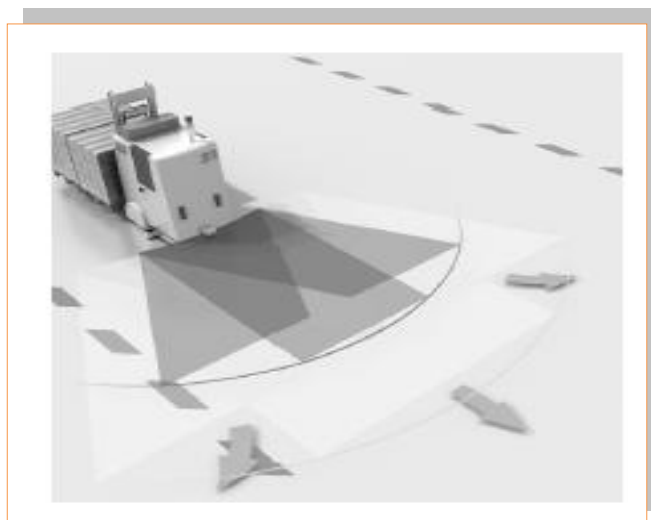
Slika 13.11: Varovanje dveh neodvisnih robotskih celic

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



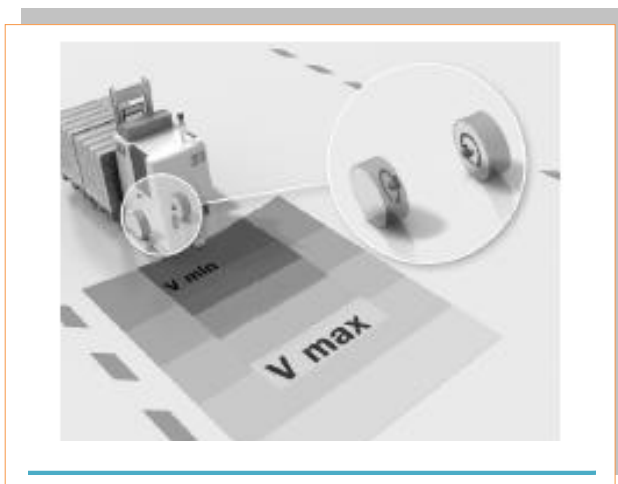
Slika 13.13: Varovanje avtomatskega vozila v obeh smereh vožnje

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



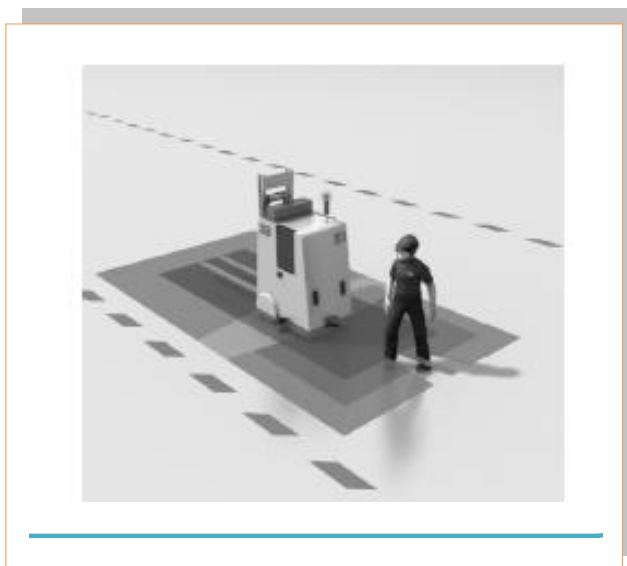
Slika 13.14: Varovanje avtomatskega vozila v vožnji naravnost in v ovinek

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



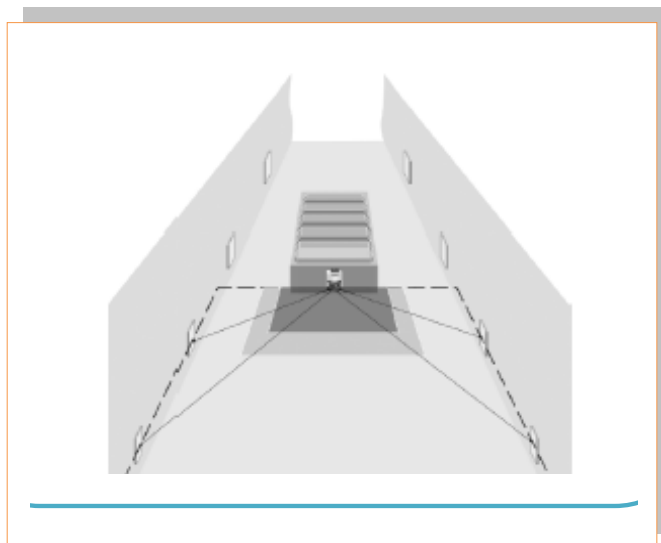
Slika 13.15: Varovanje avtomatskega vozila z uravnavanjem hitrosti

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



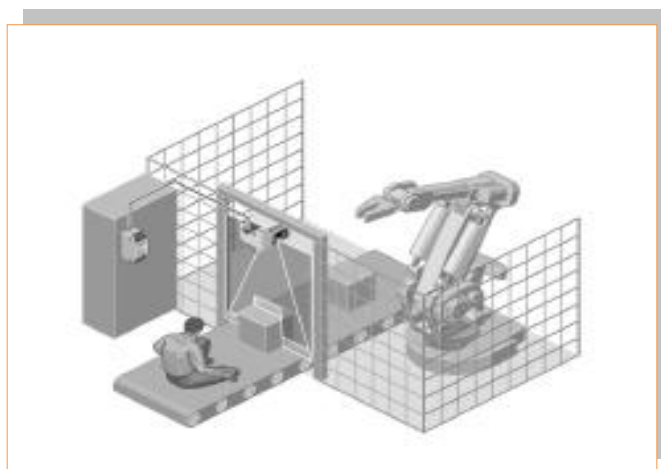
Slika 13.16: Varovanje vozila z več območji v obeh smereh vožnje

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



Slika 13.17: Varovanje avtomatskega vozička z merjenjem žarkov za pozicioniranje vozička

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)



Slika 13.18: Varovanje tekočega traku pri manipuliranju izdelkov v robotsko celico

Vir: www.sick.com – S3000 Safety laser scanner (12.1.2012)

Ostali varnostni moduli v avtomatiziranih sistemih

Varnost pri delu je največji vplivni faktor pri načrtovanju avtomatizacije stroja. Običajno se ob stroju nahaja človek. Da zagotovimo zanesljivo in varno delo osebe, ki se nahaja v okolici stroja, moramo upoštevati vse možne faktorje, ki lahko pripeljejo do nevarnih stanj ali kakršnegakoli ogrožanja človeškega življenja oziroma zdravja. Človek sam po sebi ni sposoben izvajati zaporednih dejanj brez napake. Podzavest mu narekuje, da si poskuša olajšati delo oziroma ga ponavadi zanimajo tudi aktivnosti izven obsega dela. To pomeni, da ne more biti dolgo časa skoncentriran na ponavljajoče in monotono delo. Ponekod zato uvajajo menjavo delovnega mesta vsake štiri ure. Tudi v primeru stiskalnice je človek neposredno ogrožen. Varnost mu zagotovimo s primerno varnostno razdaljo, ogradami in varnostnimi funkcijami. V odvisnosti od vrste dela prilagajamo vrsto varnostnih funkcij. V krmilju so uporabljeni varnostni moduli za namen dvoročnega vklopa, izklopa v sili, varnostnih vrat, ... Ti moduli so namensko izdelani za varnostne aplikacije, izpolnjujejo zahtevane standarde in imajo določeno garancijo s strani proizvajalca modulov. Varnost je upoštevana tudi na področju konkurence. Tržišče zahteva določeno standardizacijo strojev in eno izmed važnih področij je tudi varnost pri delu s strojem. S tem, ko podjetje izpolnjuje zahtevane standarde, je bolj konkurenčno. Torej je v interesu načrtovalca in izdelovalca, da izdela stroj po zahtevanih merilih.

Nadzorne naprave

Tipke, nožna stikala in zagonske nadzorne naprave morajo biti zaščitene, da preprečimo nevarno delovanje. Dostop do nožnega stikala mora biti možen samo iz ene smeri, aktivirano pa je lahko samo z eno nogo. Ne smemo uporabiti pedala.

Tipka za izklop v sili mora ob aktiviranju ustaviti vsa nevarna gibanja (4.1.5 v SIST EN 418 :1992 – Varnost strojev – Oprema za izklop v sili – Funkcionalni vidiki, načela načrtovanja). V doseg upravljalca, vključno z upravljalcem za stiskalnico, mora biti uporabljena vsaj ena tipka za izklop v sili. Katerakoli priključna nadzorna postaja ne sme vplivati na napravo za izklop v sili. Da preprečimo nenačrtovani zagon, moramo načrtovati nadzorne naprave vključno s prenosnimi stojali in obešali skladno s standardom SIST EN 60204-1 : 1992, člen 10.6 in glede na stabilnost in podporo v skladu s standardom SIST EN 60204-1 : 1992, ČLEN 4.4.7.

Ponavljajoči proces konstruiranja varnostnih modulov nadzornega sistema:

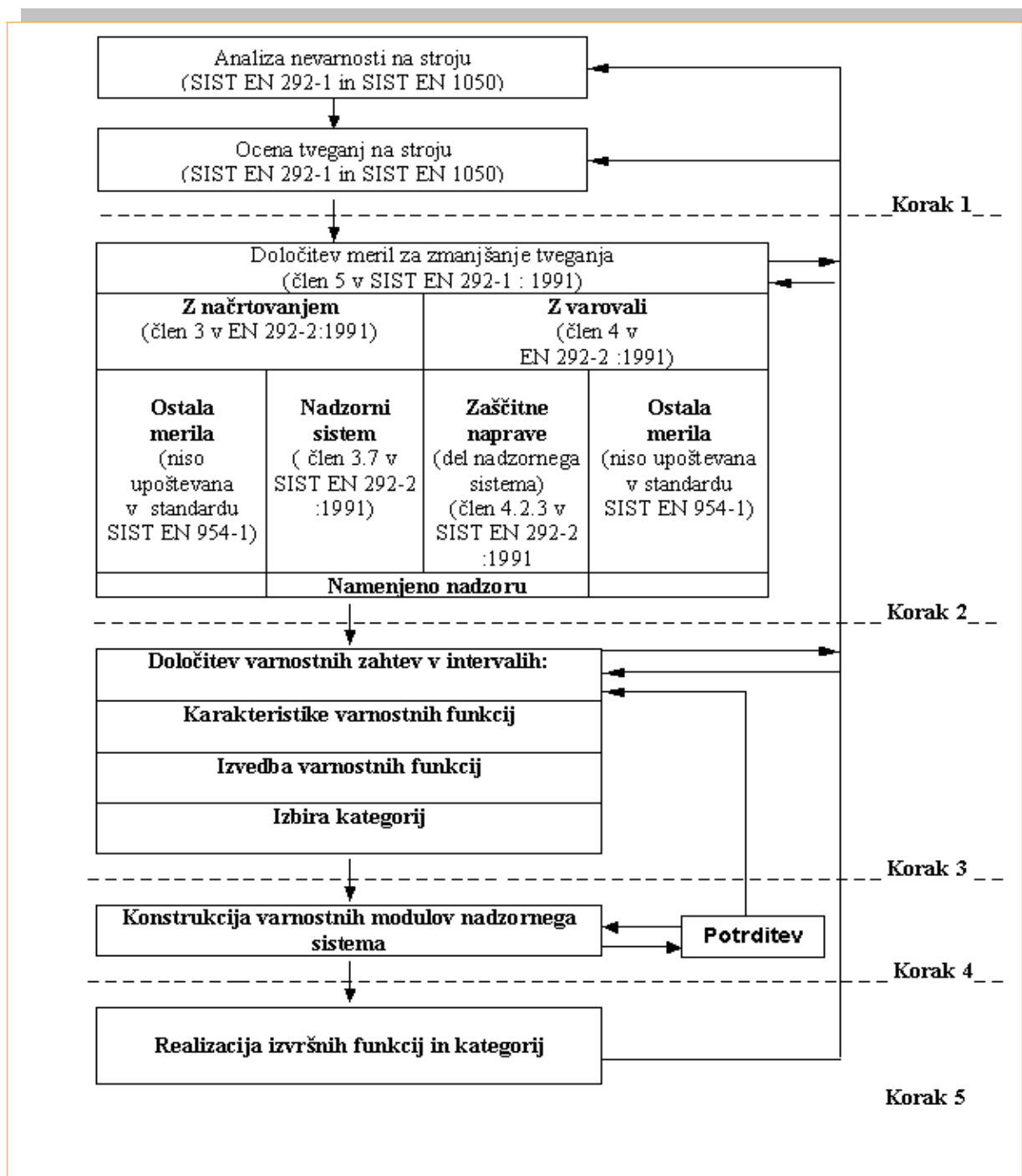
Korak 1 : Analiza nevarnosti in ocena tveganja.

Korak 2 : Določitev meril za zmanjšanje tveganja z nadzornim pomenom.

Korak 3 : Določitev varnostnih zahtev za varnostne module nadzornega sistema.

Korak 4 : Konstrukcija.

Korak 5 : Realizacija.



Slika 13.19: Ponavljajoč proces konstruiranja varnostnih modulov nadzornega sistema

Vir: Lastni

Izbira kategorije varnosti

Običajno je zelo težko ali nemogoče določiti tveganje in je ta metoda mišljena samo kot prispevek k zmanjšanju tveganja. Ta metoda omogoča samo oceno zmanjšanja tveganja in je namenjena usmerjanju načrtovalca in izdelovalca standarda pri izbiri kategorije na osnovi obnašanja sistema v primeru napake. To je samo en pogled, tudi ostali vplivi bodo prispevali k oceni, če je primerna varnostna funkcija že bila dosežena. Tu se upošteva zanesljivost komponente, uporabljena tehnologij idr. pri posamezni aplikaciji. Tukaj se pokaže odstopanje od pričakovane izbire kategorije.

Resnost poškodb (označeno z **S**) je relativno lahko določiti, npr. raztrganine, amputacija, življenjsko nevarne poškodbe.

Za pogostost poškodb so uporabljeni pomožni parametri za izboljšanje ocene:

- pogostost in čas izpostavljanja nevarnosti (**F**) in
- možnosti izognitve nevarnosti (**P**).

Izkušnje so pokazale, da te parametre lahko kombiniramo (Slika 4.3.1) in stopnjujemo tveganje od nizkega do visokega tveganja. Poudariti je potrebno, da je to kvaliteten postopek, ki daje samo oceno tveganja. Na sliki 4.3.1 je izbrana kategorija označena z velikim zapolnjenim krogom. V nekaterih aplikacijah lahko načrtovalec ali izdelovalec standarda tipa C izbere drugo kategorijo, prikazano ali z malim krogom ali velikim nezapolnjenim krogom. Uporabljene so lahko druge kategorije, vendar se mora sistem obnašati, kot smo načrtovali. Razlogi za izbiro druge kategorije morajo biti navedeni. Razlog je lahko uporaba drugačne tehnologije, npr. dobro preizkušena hidravlika ali elektromehanske komponente (Kategorija 1) v kombinaciji z električnimi ali elektronskimi sistemi (Kategorija 3 ali 4).

Ko so izbrane kategorije, označene z malim krogom na sliki 4.3.1, so zahtevani dodatni ukrepi:

- predimenzioniranje ali uporaba tehnik za izključitev napak in
- uporaba dinamičnega nadzora.

Ocena tveganja s parametrom S1 podaja kategorijo za varnostne module v Kategorijo 1. V nekaterih aplikacijah lahko načrtovalec standarda tipa C izbere Kategorijo B z uporabo ostalih varovalnih ukrepov.

Navodila za izbiro parametrov S, F in P za oceno tveganja

- Resnost poškodb S1 in S2

Pri oceni tveganja, ki raste zaradi napak v varnostnih moduli, so upoštevane samo lažje poškodbe (običajno ozdravljive) in resne poškodbe (običajno neozdravljive, vključno s smrtjo).

Pri določanju S1 in S2 moramo upoštevati običajne posledice nesreč in normalni postopek zdravljenja. Primer: zmečkanina in/ali raztrganina brez komplikacij je lahko uvrščena kot S1, medtem ko je lahko amputacija ali smrt uvrščena kot S2.

- Pogostost in/ali čas izpostavljanja nevarnosti F1 in F2

Splošno veljavno obdobje, za katerega mora biti izbran parameter F1 ali F2 ne more biti določeno. Pojasnilo, ki sledi, lahko olajša odločitev v primeru dvoma.

F2 mora biti izbran, če je oseba pogosto ali dolgotrajno izpostavljena nevarnosti. Pomembno je, če so iste ali različne osebe izpostavljene nevarnosti neprekinjeno, npr. pri uporabi dvigal.

Obdobje izpostavljenosti nevarnosti mora biti ovrednoteno na temelju povprečne vrednosti. Vrednost lahko razberemo iz razmerja celotnega obdobja uporabe opreme. V primeru, če je potrebno doseči regularnost med orodji stroja med cikličnim obratovanjem vstavljanja in jemanja delov iz orodja, moramo izbrati F2. Če je dostop zahtevan samo občasno, potem lahko izberemo F1.

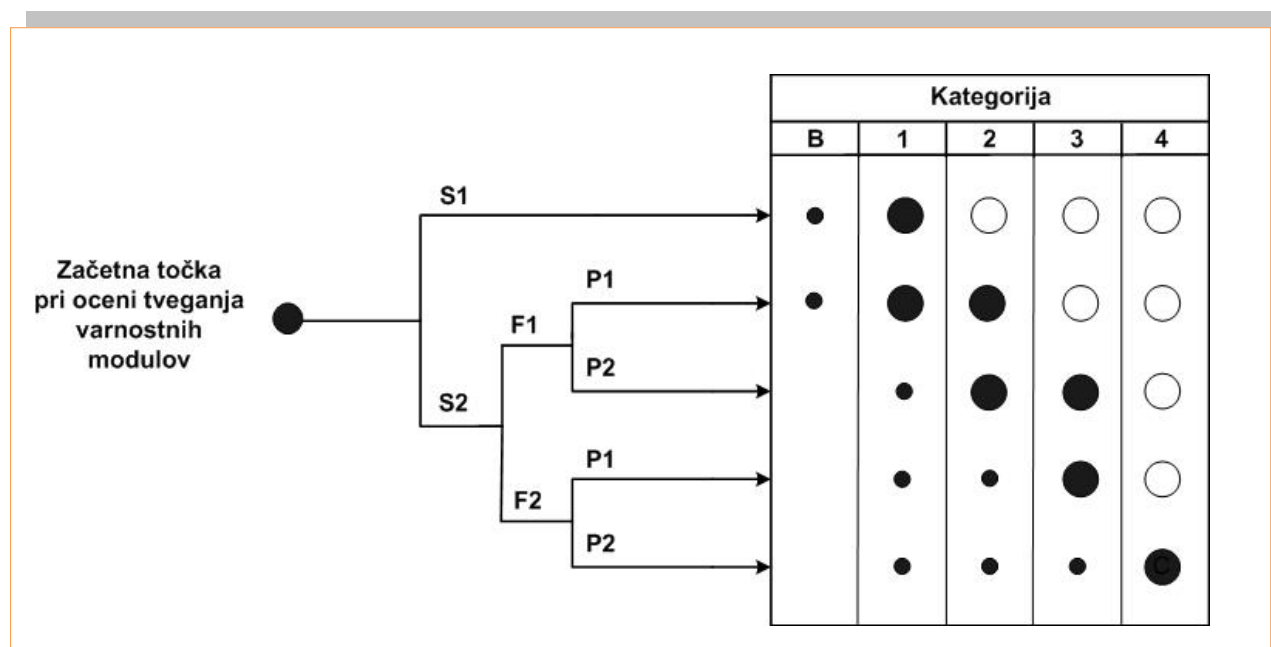
- Možnost izognitve nevarnosti P

Ko nevarnost naraste, je pomembno vedeti, če jo lahko prepoznamo in ali se ji lahko izognemo, preden pripelje do nesreče. Važen vpogled je, ali je lahko nevarnost neposredno prepoznana zaradi njenih fizičnih karakteristik ali če je lahko prepoznana zaradi tehničnih lastnosti, npr. s prikazovalniki.

Ostali važni pogledi, ki vplivajo na izbiro parametra P, so:

- delovanje z ali brez nadzora;
- delo s strokovnjaki ali amaterji;
- hitrost, s katero nevarnost raste, npr. hitro ali počasi;
- možnost izognitve nevarnosti, npr. pri zagonu ali posredovanju tretje osebe;
- praktične varnostne izkušnje, ki se navezujejo na proces.

P1 izberemo samo tedaj, če obstaja realna možnost izognitve nesreči ali pomembno zmanjšanje posledice. P2 izberemo, če ni skoraj nobene možnosti izognitve nesreči.



Slika 13.20: Možna izbira kategorij

Vir: Lastni

S - Resnost poškodb

S1 - Lahke poškodbe (normalno ozdravljive)

S2 - Resne poškodbe, vključno s smrtjo (neozdravljive)

F - Pogostost in/ali čas izpostavljanja nevarnosti

F1 – Redko odneha hitro in/ali čas izpostavljanja je kratek




F2 – Pogosto nadaljuje in/ali čas izpostavljanja je dolg

P - Možnost izoginitve nevarnosti

P1 – Možna pod določenimi pogoji

P2 – Skoraj nemogoča

Kategorije B, 1 do 4 za varnostne module:

	Prednostne kategorije za referenčne točke.
	Možne kategorije, ki lahko zahtevajo dodatne ukrepe.
	Ukrepi, ki so lahko predimenzionirani za ustrezno tveganje.

Kategorija	Povzetek zahtev	Obnašanje sistema	Principi za doseganje varnosti
B	Varnostni moduli in/ali njihova zaščitna oprema kot tudi njihove komponente morajo biti načrtovani, izdelani, izbrani, sestavljeni in kombinirani v skladu s pomembnimi standardi tako, da lahko nasprotujejo pričakovanim vplivom.	Napaka lahko pripelje do izgube varnostne funkcije.	V glavnem določimo značilnosti z izbiro komponent.
1	Upoštevati moramo zahteve iz Kategorije B. Uporabiti moramo dobro preizkušene komponente in varnostne principe.	Napaka lahko pripelje do izgube varnostne funkcije, vendar je možnost napake manjša kot za Kategorijo B.	
2	Upoštevati moramo zahteve iz Kategorije B in uporabo temeljito preizkušenih varnostnih principov. Varnostna funkcija mora biti preverjena v ustreznih intervalih z nadzornim sistemom stroja.	Napaka lahko pripelje do izgube varnostne funkcije med posameznimi preverjanji. Izguba varnostne funkcije je zaznana.	V glavnem določimo značilnosti z zgradbosistema.
3	Upoštevati moramo zahteve iz Kategorije B in uporabo temeljito preizkušenih varnostnih principov. Varnostni moduli morajo biti načrtovani tako, da: - ena napaka v kateremkoli modulu ne pripelje do izgube varnostne funkcije; - zaznana posamezna napaka kadarkoli je to z razlogom izvedljivo.	Ko se zgodi posamezna napaka, se mora varnostna funkcija izvajati. Nekatere vendar ne vse napake morajo biti zaznane. Kopičenje nezaznanih napak lahko pripelje do izgube varnostne funkcije.	

<p>4</p>	<p>Upoštevati moramo zahteve iz Kategorije B in uporabo temeljito preizkušenih varnostnih principov.</p> <p>Varnostni moduli morajo biti načrtovani tako, da :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ena napaka v kateremkoli modulu ne pripelje do izgube varnostne funkcije; - posamezna napaka je zaznana pri ali pred naslednjo zahtevo glede na varnostno funkcijo. Če to ni možno, potem kopičenje napak ne sme pripeljati do izgube varnostne funkcije. 	<p>Ko se zgodijo napake, se varnostna funkcija vedno izvaja.</p> <p>Napake morajo biti zaznane v času, potrebnem za preprečitev izgube varnostne funkcije.</p>	
----------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Tabela 13.1: Povzetek zahtev za posamezne kategorije

Določitev kategorije varnosti

Pri delu ob ali v okolici stroja obstaja možnost resnih poškodb. Obstaja možnost zmečkanin, zagozditev in ostalih poškodb udov. Glede zahteve za izbito kategorije zato izberemo prvi parameter S2. Ker je oseba v okolici dolgotrajno izpostavljena nevarnosti izberemo drugi parameter F2. Ker v primeru nesreče ne obstaja skoraj nikakršna možnost izogitve, izberemo parameter P2. Določimo torej kategorijo varnosti 4.

Nasplošno velja, da tam, kjer se nahaja ob stroju človek, izberemo kategorijo varnosti 4. Pri oceni tveganja moramo upoštevati vse nepredvidene dogodke. Krmilni sistem stroja načrtujemo v skladu z zahtevami za kategorijo varnosti 4.

Varnostni modul – Izklop v sili

Varnostni modul za izklop v sili je naprava, ki v primeru nevarnosti ali kakršnegakoli ogrožanja človeškega življenja oziroma možnosti poškodbe, omogoča varno prekinitev varnostnega tokokroga določenega dela stroja. Izklop v sili ne sme povzročiti nevarnih pomikov stroja ali drugih nevarnih okoliščin. Enota je primerna za uporabo pri ločenih varovalih z izhodnimi kontakti, kjer obstaja možnost silovitega zagona. Pri mehanskih stiskalnicah mora zagotoviti blokado paha v zgornjem položaju oziroma v položaju, ki ne ogroža upravljavca.

Značilnosti:

- dvokanalno delovanje z ali brez zaznavanja kratkega stika preko vhodnih kontaktov;
- izbiramo lahko nadzorovan ročni ali avtomatični ponovni vklop (reset);
- načrtovano za uporabo s polprevodniškimi izhodi;
- vgrajena varnostna avtomatska varovalka z reset tipko;
- pozitivno krmiljeni relejski izhodi:
 - 3 varnostni kontakti (N/O);
 - 1 pomožni kontakt (N/Z);
- kontakti za izklop v sili, končna stikala varnostnih vrat in reset tipko;
- LED-prikaz za kanal 1 in 2, napako in napajanje;
- možnost dodatnih varnostnih kontaktov z razširitvenimi moduli.

Modul izpolnjuje sledeče varnostne zahteve:

- tokokrogi so podvojeni z vgrajenim notranjim nadzorom;
- varnostna funkcija deluje v primeru, da modul preneha delovati;
- pravilno odpiranje in zapiranje varnostnih kontaktov je testirano avtomatično ob vsakem ciklu;
- kratkostično varovanje: DC-enote imajo vgrajeno termično avtomatsko varovalko, AC-enote pa imajo vgrajeno avtomatsko varovalko z magnetno preobremenitvijo.

Opombe:

Da preprečimo zvar kontaktov, moramo pred izhodne kontakte priključiti varovalko (hitro 10 A ali 6 A počasno varovalko).

Funkcija zaznave kratkega stika preko vhodov je testirana pri izdelovalcu modula, vendar je možno testirati enoto tudi po vgradnji na sledeči način :

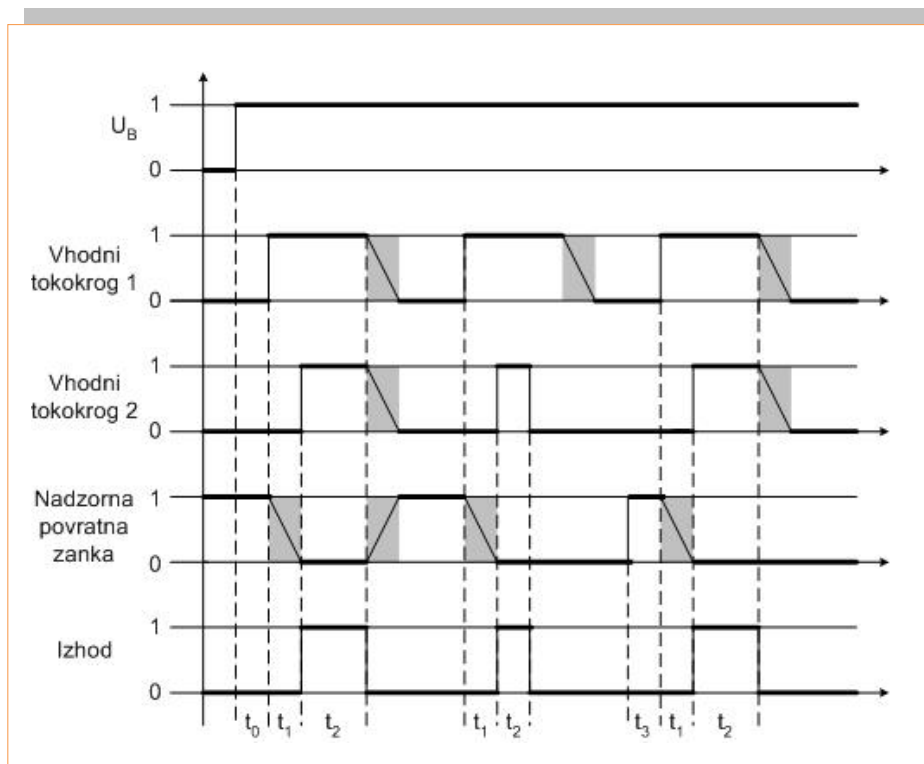
1. Enota je pripravljena za delovanje, izhodni kontakti so zaprti.
2. Kratko sklenemo priključke S12/S22 za zaznavanje kratkega stika preko vhodov.
3. Varovalka enote se mora prožiti, izhodni kontakti pa odpreti. Dolžina kabla glede na največjo dolžino lahko zakasni proženje varovalke do 2 minuti.
4. Resetiramo varovalko: odstranimo kratki stik in izklopimo napajalno napetost za približno 1 minuto.

Varnostni modul – Dvoročni vklop

Varnostni modul za dvoročni vklop je varnostna naprava, ki zagotavlja, da upravljavec stroja ne zadržuje rok v nevarnem območju. Uporablja se pri mehanskih in hidravličnih stiskalnicah ali pri ostalih varnostnih tokokrogih v industriji. Delovanje stroja je omogočeno le v primeru, ko stisnemo obe tipki istočasno znotraj določenega časa 0,5 s. Delovanje je onemogočeno takoj, ko spustimo eno ali obe tipki. Ponovno delovanje je omogočeno, ko ni aktivna nobena izmed tipk in kadar istočasno ponovno stisnemo obe tipki znotraj določenega časa 0,5 s.

Priključitev in delovanje

Na kontakt A1 in A2 priključimo napajanje. Sklenemo nadzorno povratno zanko na kontaktih X1 in X2. Na kontakt T12 vežemo mirovni kontakt tipke dvoročni vklop, na T13 pa delovni kontakt tipke dvoročni vklop. T11 je skupna masa. Na T21, T22 in T23 vežemo drugo tipko. Nadzorna logika primerja signale mirovnih kontaktov obeh tipk in povratne nadzorne zanke. V primeru, da so obe tipki stisnjeni znotraj časa 0,5 s, se prožita releja K2 in K4. Delovni kontakti tipk prožijo releja K1 in K2. Tako so kontakti varnostnega tokokroga sklenjeni in krmilnik dobi informacijo za vklop stroja. Pri tipkah uporabljamo mirovni in delovni kontakt, zaradi možnosti zvara kontakta. V primeru, da se eden izmed kontaktov zavari ali bo prekinjena žica, ne bo izpolnjen pogoj za delovanje. V tem primeru varnostni tokokrog prekinemo zaporedno dvakrat, znotraj modula samega pa šestkrat. Tako zagotovimo 3. kategorijo varnosti skladno s standardom SIST EN 954-1 (deli komandnih sistemov povezanih z varnostjo) in ustreznost tipu IIIC varnostnih zahtev skladno s standardom SIST EN 574 (naprava z dvoročno komando). Vendar s tem ne zagotovimo popolne varnosti. Ker stroj upravlja človek in je neposredno izpostavljen nevarnosti, bi morali zagotoviti varnost kategorije 4.



Slika 13.21: Funkcijski diagram varnostnega modula za dvoročni vklop P2HZ5

Vir: www.pilz.com (14.1.2012)

- t_0 : Napajalna napetost mora biti priključena vsaj 0,5 s pred pritiskom tipke.
- t_1 : Istočasnost < 0,5 s.
- t_2 : Delovni cikel je prekinjen z eno izmed tipk.
- t_3 : Povratna nadzorna zanka mora biti sklenjena vsaj 0,25 s preden pritisnemo tipki.



POVZETEK

Industrijski robot je pozicijsko vodena, programabilna in večopravilna naprava, ki se giblje vzdolž več prostostnih stopenj v prostoru. Namenjen je manipulaciji materiala, obdelovancev in orodij pri izvajanju različnih delovnih nalog in programiranih gibov. Glede na zagotavljanje varnosti predstavlja uvajanje industrijskih robotov v proizvodnjo dva nasprotna si vidika. Na eni strani v nevarnem in človeku škodljivem okolju uporaba industrijskih robotov povečuje človekovo varnost. Uporaba robotov za avtomatsko varjenje, kovanje, peskanje, barvanje itd. omogoča, da je človek umaknjen iz neprijaznega in nevarnega delovnega okolja. Na drugi strani pa lahko roboti med obratovanjem sami ogrožajo varnost delavcev. Pri delu z roboti so možni nesrečni slučaj, lahko tudi tragični, če ni ustrezno poskrbljeno za zagotavljanje varnosti. Glavna nevarnost pri delu z roboti na človeka preti v robotovem delovnem prostoru. Robot je sposoben prostega gibanja v širokem prostoru, sposoben je hitrih nepredvidenih gibov in hitre spremembe konfiguracije. Navedeno lahko predstavlja neposredno ogrožanje varnosti osebe, ki dela ali stoji v bližini robota. Iz tega razloga je potrebno pri vsaki robotski celici oceniti, kakšno je tveganje za varnost in uvesti ukrepe za zmanjšanje možnosti nesreč.



PONOVIMO

1. Opiši tri potencialne nevarnosti pri delu z roboti.
2. Iz katerih vzrokov izvirajo nevarnosti?
3. Povzemite tri varnostne standarde v robotiki.
4. Na katerih treh nivojih se izvaja varnost oziroma zaščita v robotiki.
5. Kako deluje varnostna ključavnica in laserski skener?
6. Opiši ponavljajoči proces konstruiranja varnostnih modulov nadzornega sistema.
7. Kako določimo kategorijo varnosti v avtomatiziranem sistemu?

14 PROGRAMIRANJE INDUSTRIJSKIH ROBOTOV

Ena poglavitnih prednosti robota pred drugimi oblikami avtomatizacije je gotovo tudi možnost programiranja. Lahko ga naučimo opravljati natančno predpisano zaporedje operacij, če pa ga želimo kasneje uporabljati v druge namene, ga lahko enostavno reprogramiramo. V primerjavi z ostalimi numerično krmilnimi enotami je pri programiranju robotov potrebno upoštevati določene posebnosti:

- zelo težko si predstavljamo določanje zahtevnih gibov robotske roke, zato si pomagamo z različnimi simulacijami;
- vplivi okolja (če spustimo po klancu kotalečo se kocko, ne moremo že vnaprej določiti pozicije kocke), pri teh naključjih si pomagamo s senzorji;
- sinhronizacija robota z ostalimi delovnimi sredstvi v proizvodnem procesu.

Pri programiranju robotov se je potrebno posluževati pristopa programiranja userfriendlyway (uporabniku prijazno okolje). Miselnost programiranja robota mora biti podobna razmišljanju programerja, problem-orientedway in ne postopku določanja posameznih koordinat. Zraven teh zahtev je prav tako potrebno, da ima sistem sposobnost kontrole zunanjih vplivov.

Podjetja, ki proizvajajo programsko opremo za krmiljenje robotov, poskušajo zagotavljati predvsem naslednje prednosti za uporabnike:

- programiranje je enostavno in se ga je enostavno naučiti;
- logika programiranja je usmerjena kot problem-orientedway;
- možnost testiranja programa v različnih simulatorjih, da se izognemo možnim napakam v programu, ki bi lahko poškodovale robotsko celico;
- možnost programiranja off-line ali on-line;
- nadzor pri različnih parametrih, kot sta hitrost in pospešek.

NAČINI UČENJA ROBOTA

Da lahko robot opravi zahtevano delo, ga moramo seveda naučiti, kako naj to delo izvede. V industriji gre največkrat za ciklično ponavljanje nekega dela. Včasih pride do primerov, da opravimo podobno operacijo na različnih obdelovancih. Takrat je robotu seveda potrebno določiti, katero robotsko trajektorijo naj izvede.

Robotska trajektorija je zaporedje točk v prostoru, ki jih vrh robota poveže na svoji poti. Točke so lahko določene kot ustavitvene ali prehodne. Razlika je v tem, da se robot v ustavitveni točki ustavi, medtem ko prehodno lahko preleti. V ustavljenih točkah običajno izvedemo neko aktivnost, kot je na primer zvarna ročka, začetek barvanja ali kakšne druge delovne operacije. Prehodne ali tudi "via" točke uporabljamo pri obhodu ovire, pri vmesnih točkah obračanja prijemala idr., kjer je to obvezni položaj robota za nemoteno doseganje naslednje točke. Običajno lahko pri obeh vrstah točk določimo, s kakšno natančnostjo želimo doseči shranjen položaj. Pri vsaki točki določimo toleranco, ki jo dopustimo. Zavedati se moramo, da za ustavitveno točko robot potrebuje več časa kot za prehodno ter da robot za večjo zahtevano natančnost potrebuje več časa. Pri generiranju robotskih trajektorij torej pazimo, da ne povečujemo časa cikla zaradi nepotrebnih ostrejših zahtev.

V praksi se je do danes uveljavilo več različnih načinov programiranja, ki pa jih ponavadi delimo v tri glavne:

1. ROČNO UČENJE TOČK (*point-to-point*) – neposredno programiranje (on-line):

- **učenje z neposrednim vodenjem pasivnega robota** - operater vodi vrh robota po prostoru v skladu z zahtevano nalogo (način se uporablja za lahke oz. majhne robote ter naloge majhne natančnosti);
- **učenje z neposrednim vodenjem aktivnega robota** – operater vodi robot s pomočjo krmilnih ročic na vrhu robota ter shranjuje posamezne točke, pri tem operater ne premika robota fizično s svojo silo, ampak s pomočjo krmilne palice na samem robotu, tako nimamo mehanskih omejitev iz prejšnjega primera.

2. UČENJE MED VODENIM GIBANJEM – s pomočjo ročne konzole

(angl. teach-by-show, continuous-path) – neposredno programiranje (on-line):

- vodenje aktivnega robota (operater stoji zraven robota) s pomočjo ročne konzole;
- preko konzole lahko spreminjamo, dodajamo ali odvezujemo točke ter v njih določamo zelene aktivnosti;
- zaradi nahajanja v bližini robota med premikanjem je potrebna posebna varnost.

3. INDIRECTNO PROGRAMIRANJE – programiranje s pomočjo računalnika

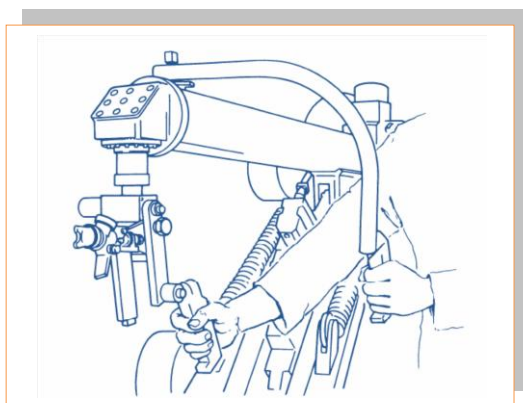
– zunanje programiranje (off-line):

- izven delovnega mesta brez fizične prisotnosti robota;
- programiranje v ustreznih robotskih jezikih na zmogljivejših računalnikih;
- možnost predhodnega preizkušanja (npr. dostopnost varilnih klešč, omejitve prostora itd.);
- prihranek delovnega časa robota ter možnost vnaprejšnje priprave;
- potrebno je visoko znanje.

ROČNO UČENJE TOČK

V primeru, ko programiramo iz točke na točko, mora biti program v celoti formalno napisan, vtipkan v nadzorno enoto in shranjen na disku. V nedvoumnem programiranju se zapiše več ukazov v jeziku, ki ga robot razume in jih nato tudi izvrši. Najboljši jezik je vzajemni in takojšen med razvojem in sestavljen za čas delovanja. Da je programiranje enostavnejše, obstajajo makro- ali subroutine knjižnice. Na voljo so tipični ukazi, kot so: premakni se k, poberi, odloži, zavrti, in dvigni. Položaji v prostoru so definirani in poimenovani. Pri programiranju poznamo več programskih jezikov. Forth jezik, ki je bil razvit že leta 1960 in ga je družba Forth dokončno dopolnila leta 1970, je idealen za to okolje. Glavne prednosti jezika Forth so: generiranje učinkovite kode, hitro izvajanje, enostavno vodenje perifernih naprav in razmeroma hitro razvijanje programa. Prej omenjene parametre lahko uporabimo kot argument za besede, ki so definirane v Forth slovarju. Drug zanesljiv pristop uporablja vpise slovarjev, v katerih so parametri shranjeni skupaj z imenom funkcije.

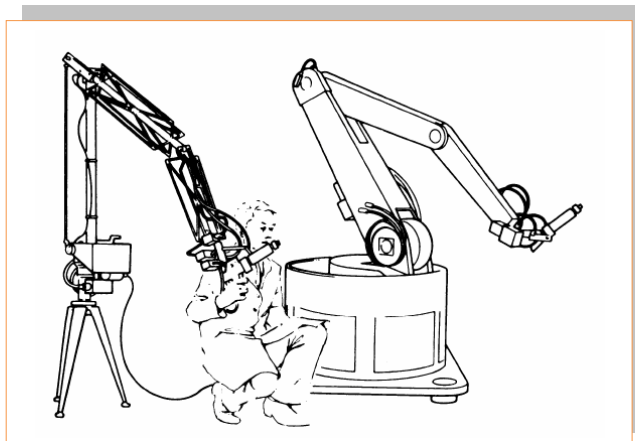
Vsak vpis v slovar pripada predhodno definiranemu tipu, ki uporablja parametre v predpisanem načinu, da povzroči izvršitev gibanja robota. Vsi programerji vedo, da noben program prvič ne deluje, kot je treba. Zato so programerji razvili simulacijske programe. Ti programi nam omogočijo preizkus celotne naprave, robota, obdelovancev in pomožne opreme s simulacijo na računalniku. Vtipkati je potrebno program, ki ga želimo testirati, nato pa si na monitorju ogledamo rezultate. Tako lahko odkrivamo in odpravljamo napake.



Slika 14.1: Učenje z vodenjem pri uporabi kljuke

Vir: www.ro.feri.uni-mb.si (15.1.2012)

Takšno vodenje vrha robota v neposredni bližini robota je neprijetno in nevarno opravilo, zato so razvili tako imenovano lahko učno roko, ki učni postopek s tehniko učenja z vodenjem še olajša, čeprav operater potrebuje nekaj več časa, da se nauči delati z njo. Zgornja slika prikazuje operaterja pri programiranju robota z lahko učno roko. Vidimo, da lahka učna rokav celoti posnema kinematiko robota in vsebuje senzorje položaja za posamezne osi robota, ne vsebuje pa motorjev.



Slika 14.2: Učenje z vodenjem pri uporabi lahke učne roke

Vir: www.ro.feri.uni-mb.si (15.1.2012)

Izvajalniki robotske roke potem sami reproducirajo shranjeno zaporedje gibov. Računalnik prikaže na zaslonu spisek predpisanih točk v postopku, ki jih lahko programer po potrebi dodatno uredi, predpiše hitrost posameznega giba, itd. Računalnik sam izračuna optimalno pot, da lahko opravi delo v najkrajšem času. To programiranje je uporabno pri robotih, ki morajo zgolj začeti in končati določeno nalogo, ni pa mu treba reagirati na različne zunanje vplive.

INDIREKTNO PROGRAMIRANJE

Indirektno programiranje ali t.i. off-line programiranje industrijskih robotov je za razliko od ostalih dveh najhitrejši in najenostavnejši postopek, vendar se je dodobra uveljavil šele v zadnjem času skupaj z razvojem osebnih računalnikov. Kot je že bilo omenjeno, nam indirektno programiranje ponuja možnost programiranja izven delovnega mesta in tako ne izgubljam dragocenega robotskega časa. Bistvena prednost indirektnega programiranja je možnost simulacij programa na računalniku. Dejstvo je, da običajno noben program ne deluje že v prvo, simulacije programov so idealen pripomoček za preverjanje pravilnosti programa.

V nadaljevanju je predstavljenih nekaj programov za indirektno programiranje robotov, ki delujejo v operacijskem sistemu Windows. Predstavljeni bodo predvsem tisti programi, ki uporabniku omogočajo hitro ustvarjanje trajektorij, tako z možnostjo, da robot nosi orodje ali obdelovanec, in to na podlagi 3D CAD-modelov izdelkov, orodij in delovnega okolja. Predstavljeni programi uporabniku omogočajo, da samo z nekaj kliki miške ustvari želeno robotsko trajektorijo in ta postopek bo v nadaljevanju imenovan avtomatsko ustvarjanje trajektorij. Predstavljeni programi omogočajo tudi izvoz ustvarjenih trajektorij v datoteko. Slabost nekaterih programov je predvsem v tem, da so namenjeni programiranju le za določene proizvajalce industrijskih robotov.



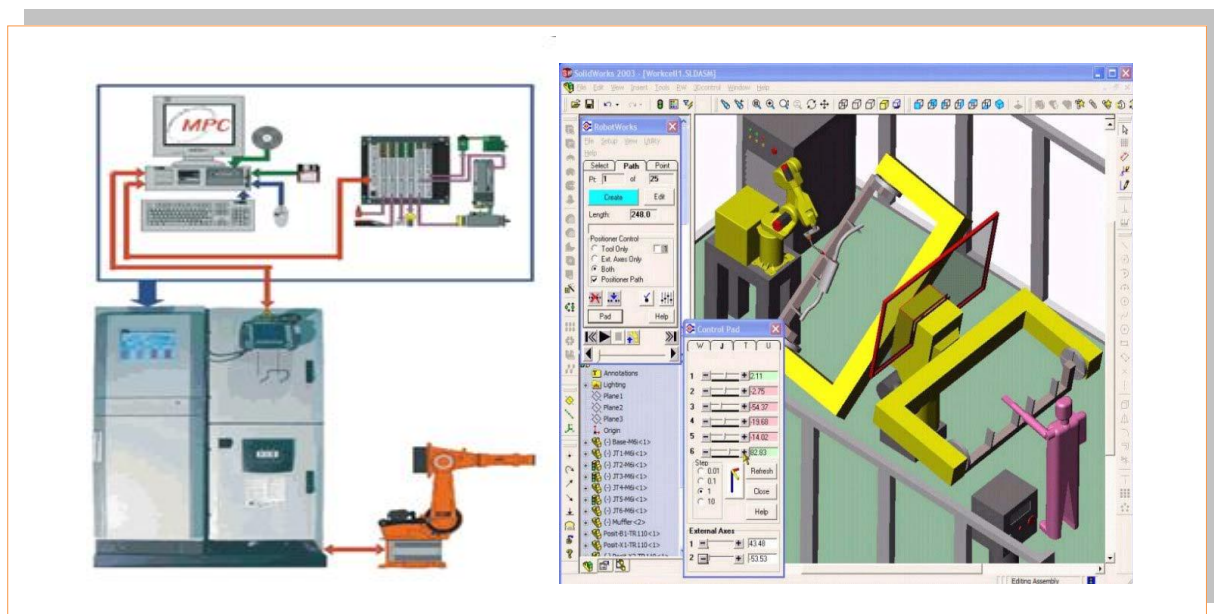
Slika 14.3: Indirektno programiranje robotov

Vir: www.kuka.de (16.1.2012)

PROGRAMI ZA INDIREKTNO PROGRAMIRANJE ROBOTOV

ROBOWORKS

RoboWorks je izdelek podjetja SolidPro in deluje skupaj s programom SolidWorks, proizvajalca DassaultSystemes [18], ki je v osnovi namenjen konstruiranju 3D CAD-modelov. RoboWorks uporablja njegov grafični in kinematični vmesnik.

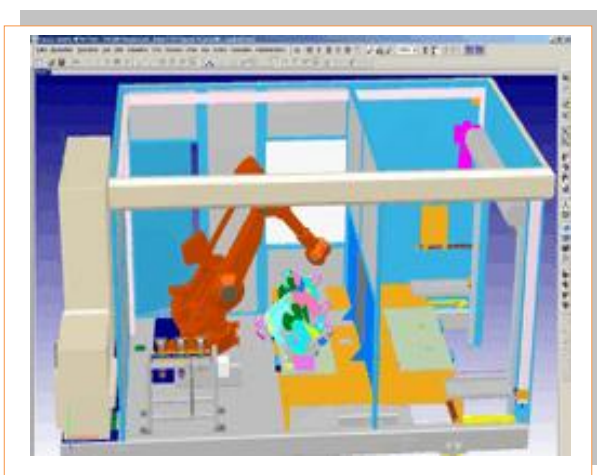


Slika 14.4: Programiranje v okolju Roboworks

Vir: <http://www.smashingrobots.com/category/robot-parts/> (17.1.2012)

FAMOS ROBOTIC

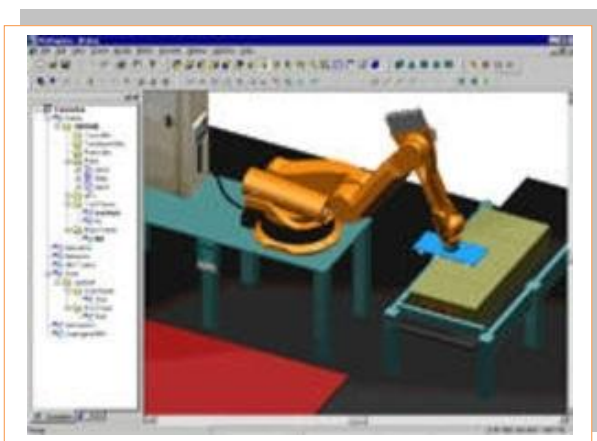
FAMOS robotic je izdelek podjetja CaratroboticinnovationGmbH, za svoje delovanje pa ne potrebuje dodatnega programa. Vključuje modele vseh največjih proizvajalcev 6-osnih industrijskih robotov: ABB, Motoman, Kuka, Stäubli itd.



Slika 14.5: Delovno okolje Famos Robotic

Vir: <http://www.famos-robotic.de/> (18.1.2012)

WORKSPACE

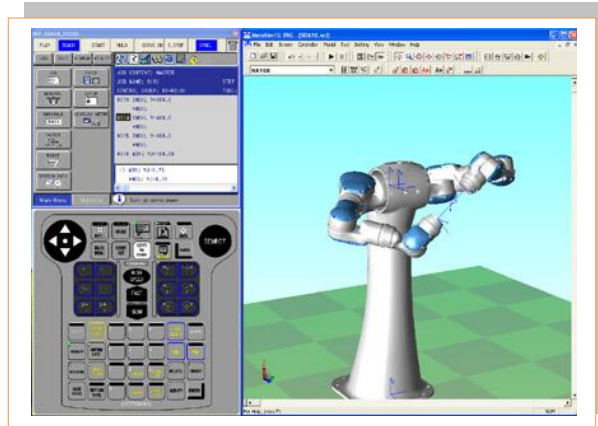


Slika 14.6: Delovno okolje Workspace

Vir: <http://www.workspacelt.com/> (18.1.2012)

Workspace je izdelek podjetja FlowSoftware Technologies Ltd. [19] in deluje samostojno.

MOTOMAN MOTOSIM

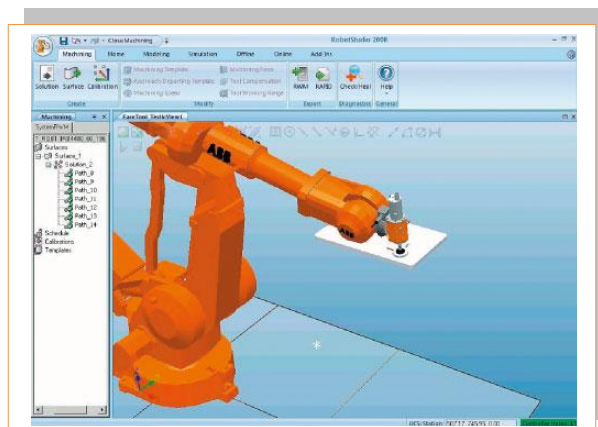


Slika 14.7: Delovno okolje Motomon Motosim

Vir: <http://www.motoman.com/products/software/program/MotoSim%20EG.php> (18.1.2012)

Program MotoSim je izdelek podjetja MotomanAmerica in deluje samostojno. Namenjen je samo za programiranje robotov Motoman s krmilniki MRC in XRC. Program ni na voljo na internetu. Program je zaščiten z mehanskim ključem, ki ga namestimo na paralelna vrata osebnega računalnika.

ROBOT STUDIO



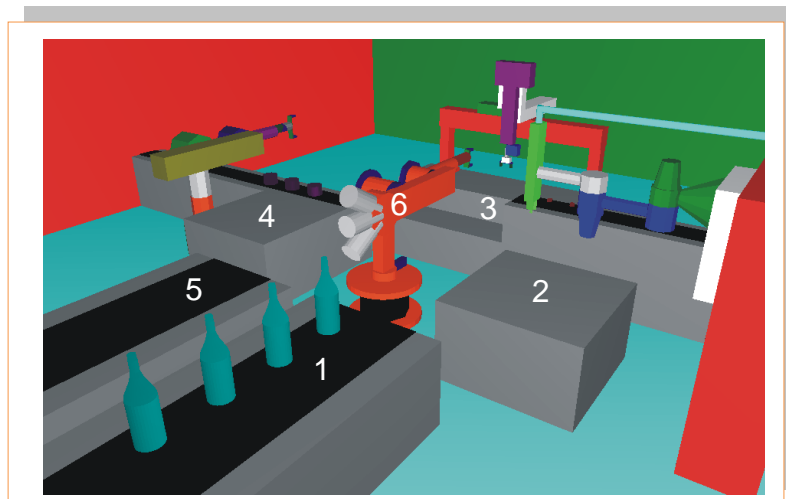
Slika 14.8: Delovno okolje Robot Studio

Vir: <http://www.abb.com/product/seitp327/78fb236cae7e605dc1256f1e002a892c.aspx> (19.1.2012)

Program RobotStudio je izdelek podjetja ABB in je namenjen indirektnemu programiranju ABB-robotov ter deluje samostojno.

Našteti programi nudijo uporabniku veliko možnosti na področju programiranja industrijskih robotov na podlagi 3D CAD-modela obdelovanca. Med omenjenimi programi najbolj izstopa program Famosrobotic, saj uporabniku nudi popolno, splošno in preprosto in hitro rešitev za indirektno programiranje, o čemer priča tudi cena, saj je med splošnimi programi najdražji. Predstavljenih je bilo le nekaj vodilnih programov, je pa na tržišču možno zaslediti še kar nekaj programov drugih proizvajalcev.

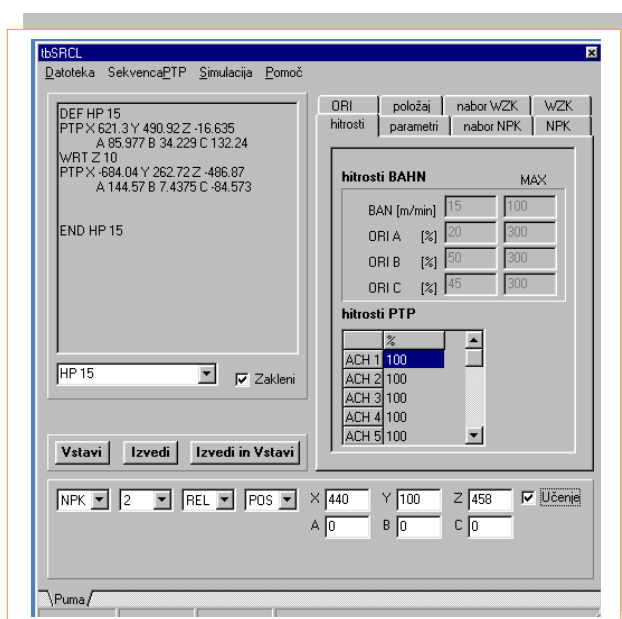
WINROBSIM



Slika 14.5: Simulacija v programu WinRobSim

Vir: http://www.ro.feri.uni-mb.si/lab_kin_sim/download.html (19.1.2012)

Ta program omogoča off-line programiranje v jeziku SRCL. Orodje za programiranje je predstavljeno spodnji sliki. Predstavljena sta pomembna ukaza, najpogosteje uporabljena v WinRobSim-u (jezik SRCL).



Slika 14.6: Vmesnik v programu WinRobSim

Vir: http://www.ro.feri.uni-mb.si/lab_kin_sim/download.html (19.1.2012)

Ukaz **NPK** – določitev uporabniškega koordinatnega sistema ali korekcija izhodiščne točke (NPK – Nullpunktkorrektur): če želimo koordinatni sistem prilagoditi značilnostim obdelovanca, lahko definiramo nov koordinatni sistem glede na referenčni koordinatni sistem robota. Koordinatni sistem je določen s tabelo, ki ga opisuje. Tabela vsebuje koordinate novega izhodišča in orientacijo novega koordinatnega sistema. Hranimo lahko več tabel, ki jih številčimo s številkami 0 do 9. Z instrukcijo NPK pa lahko tabele tudi polnimo, tako da navedemo številko tabele (ki jo želimo napolniti) in nato podamo vse potrebne podatke (podobno kot pri ukazu LIN in PTP). Uporabniško definirane koordinatne sisteme je mogoče tudi gnezdit (en nivo), kar naredimo s pod funkcijama ABS (Absolut – 1. uporabniški koordinatni sistem) in REL (Relativ – 2. uporabniški koordinatni sistem). Če kot številko tabele navedemo 0, izklopimo uporabniški koordinatni sistem.

Ukaz **PTP**-pomik iz točke v točko (PTP – PointTo Point): s tem ukazom se robot (točka vrha robota oz. orodja) pomakne iz trenutnega položaja (X, Y, Z) in orientacije (A, B, C) v točko in orientacijo, ki jo podamo kot argument instrukciji.

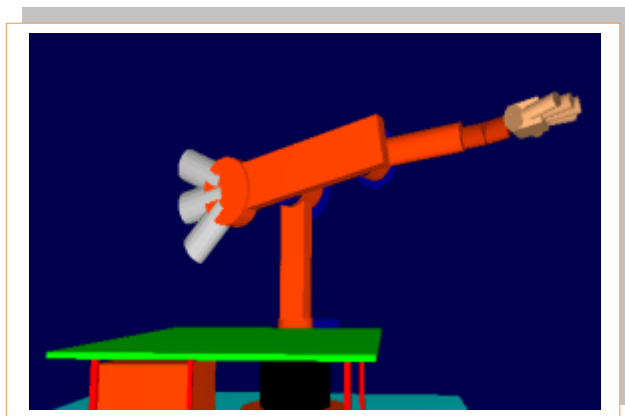
Želena točko lahko podamo na naslednja načina:

- direktno z vrednostmi koordinat in kotov;
- z navedbo parametrov, ki so vrednosti koordinat.

V postopku „snemanja“ se shranjujejo vrednosti notranjih koordinat v točkah, ki si morajo biti dovolj blizu, da se ohrani točnost sledenja trajektoriji pri izvrševanju PTP-gibov med njimi.

Programiranje in učenje lahko poteka v zunanjih ali notranjih koordinatah. Učenje v zunanjih koordinatah ima mnoge prednosti. Da lahko delovno nalogo podamo robotu, je potrebno sprogramirati delovni cikel. Težišče programiranja robota se vse bolj premika iz učenja, kjer operater potrebuje robota, na ostale funkcije programiranja, kjer robot ni potreben. Pri klasičnih on-line postopkih programiranja robotov je potrebno med postopkom programiranja zaustaviti proizvodnjo, kar lahko povzroči velik finančni izpad. Alternativo predstavljajo robotski sistemi z off-line programiranjem z možnostjo grafične simulacije. Takšen sistem omogoča programiranje in verifikacijo brez uporabe robota. Grafični robotski simulator **WINRobsim** poleg ročnega vodenja (v notranjih, zunanjih in orodnih koordinatah) omogoča

tudi off-line programiranje. Spodnja slika prikazuje obilo programa za konstrukcijo roke, grajenega na osnovi geometrijskih teles.



Slika 14.7: Geometrijski model robota KUKA

Vir: http://www.ro.feri.uni-mb.si/lab_kin_sim/download.html (19.1.2012)

LIGHTWAVE 3D

LightWave3D je program za animiranje stoječih ali gibljivih animiranih slik, pri čemer se pri gibljivih slikah pojavlja kinematika. V programu je možno spreminjati poglede glede na stališče opazovanja, osvetlitve, barve itd. LightWave 3D je vsestransko orodje za načrtovanje filmov, animiranih filmov, raznih videospotov, projektnih nalog itd.

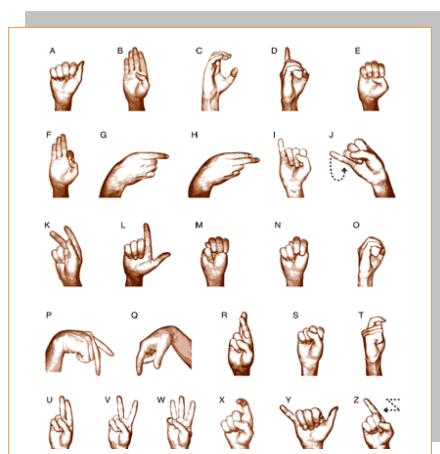
Dlan je izdelana iz »glavne kosti« – posameznih členov. Na glavno kost se navezuje ostalih pet kosti (palec, kazalec, sredinec, prstanec in mezinec). Z inverzno kinematiko ima vsak prst še nadaljnje tri kosti, ki se lahko premikajo. Le-te je možno premikati v zunanjih in notranjih koordinatah ter omejevati njihovo gibanje. Okrog teh kosti je napeta koža, ki se usklajeno giblje okoli obeh osi zapestja za tristo šestdeset stopinj (ustrezno pogledu na zaslon). Prsti bi se premikali tako, kot se premikajo prsti pri govorici gluhih. V naslednjem koraku bi se gibi zapestja kombinirali z gibi robotskega manipulatorja. Tako bi oba dela (animacija zapestja + robot) delovala podobno kot človeška roka. Tehnična rešitev je namestitev računalniškega zaslona s prikazom animacije človeškega zapestja na vrhu robota, kar prikazuje 14.8.



Slika 14.8: Namestitev LCD-zaslona

Vir: www.kuka.de (20.1.2012)

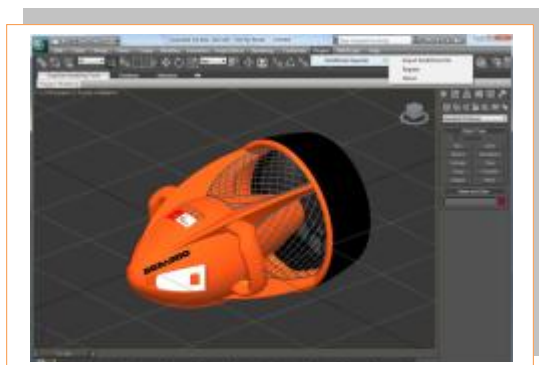
Smiselno bi bilo razviti robotsko roko z ustreznim zapestjem podobno človeški. Možna pa je tudi izdelava celotne knjižnice govornice gluhih.



Slika 14.9: Abeceda gluhih

Vir: http://thibologa.co.za/basic/basic_les1.html (20.1.2012)

Nabor besed (jezika gluhih) je omejen, saj je na razpolago le ena roka, kar je za nekatera sporočila premalo. Potrebno bi bilo narediti povezovalni program med tekstovno informacijo, ki jo želimo interpretirati, in animacijskim programom. Kasneje je možna tudi povezava s programom za prepoznavanje zvoka. Kot programsko okolje za izdelavo animacije bi lahko uporabili 3D Studio MAX. Ta program je zelo drag, zato bo potrebno dobiti poskusno verzijo ali poiskati drug, soroden program.



Slika 14.10: 3D studio MAX program

Vir: <http://usa.autodesk.com/3ds-max/> (21.1.2012)



POVZETEK

Ena pglavitnih prednosti robota pred drugimi oblikami avtomatizacije je gotovo tudi možnost programiranja. Lahko ga naučimo opravljati natančno predpisano zaporedje operacij, če pa ga želimo kasneje uporabljati v druge namene, ga lahko enostavno reprogramiramo. Pri programiranju robotov se je potrebno posluževati pristopa programiranja user friendly way (uporabniku prijazno okolje). Miselnost programiranja robota mora biti podobna razmišljanju programerja, problem-oriented way in ne postopku določanja posameznih koordinat. Zraven teh zahtev je prav tako potrebno, da ima sistem sposobnost kontrole zunanjih vplivov.



PONOVIMO

1. Naštej in opiši načine programiranja robota.
2. Opiši učenje robota z lahko učno roko.
3. Katere programe poznate za indirektno programiranje robotov?

15 PROGRAMIRANJE ROBOTOV

Programiranje robotov je staro toliko kot sama veda robotika. Ko so izdelali napravo, ki je lahko delovala le po nekem procesnem koraku, so morali le-to sprogramirati. Sprva so za potrebe avtomatike uporabljali krmiljenje preko pnevmatike, kasneje pa preko elektrike s pomočjo relejev. S pojavom elektrike se je začela avtomatika vedno bolj razvijati. Ko so se pojavili prvi računalniki, so se začeli pojavljati programski jeziki, s pomočjo katerih lahko danes programiramo praktično vse, kar poganja elektrika.

Robotsko programiranje je zelo kompleksna veda. Z enim programskim jezikom lahko programiramo samo enega robota. CNC-stroji vsebujejo G-kodo, ki nam jo program, v katerem smo risali, izpiše in jo nato naložimo na CNC-obdelovalni center.

V robotiki pa za programiranje robotov nimamo ustreznih standardnih kod. Vsak robot ima svoj programski jezik, ki je velikokrat prevzet iz univerzalnih programskih jezikov. V osnovi lahko robote programiramo na več načinov. Dva izmed njih sta on-line programiranje in off-line programiranje.

ON-LINE PROGRAMIRANJE

On-line programiranje je programiranje, pri katerem uporabljamo tako imenovane teachboxe, s katerimi programiramo robote. Programer mora biti pri tem fizično prisoten poleg celice ali v njej. Program pišemo tako, da robot izvaja navodila po naših ukazih s tem, ko se premika po delovnem prostoru.

Prednosti on-line programiranja:

- lahka dostopnost;
- delo in programiranje v realnem okolju.

Slabosti on-line programiranja:

- počasni gibi robota med programiranjem;
- veliko preračunavanja (otežujoče za program);
- izguba med programiranjem je draga;
- slaba dokumentacija;
- zaustavitev celotne linije med programiranjem.

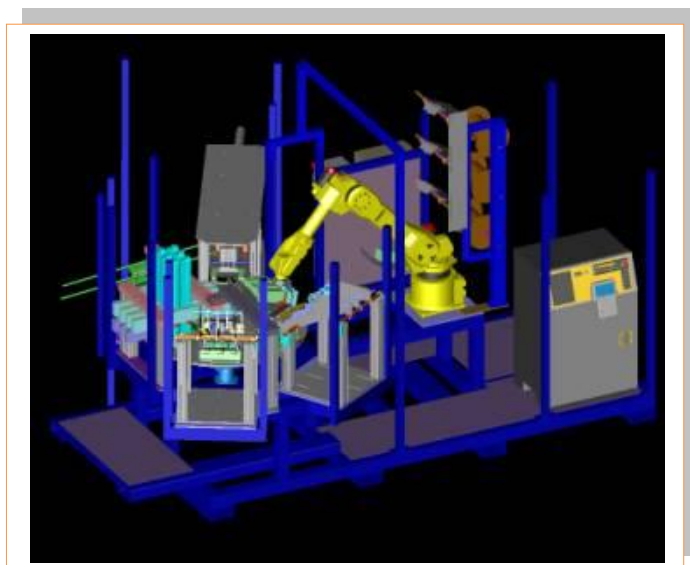


Slika 15.1: Učna enota (teach pendant)

Vir: www.kuka.de (21.1.2012)

OFF-LINE PROGRAMIRANJE

Poleg on-line programiranja poznamo tudi t.i. off-line programiranje, pri katerem programiramo s pomočjo računalnika. Ko imamo izdelan program, ga najprej preizkusimo s simulacijskim programom, pri tem lahko je programer kjerkoli (ni potrebe, da bi bil poleg oziroma v robotski celici). Tako obstoječa aplikacija ustvarja dodano vrednost brez ustavitve sistema. Pri off-line programiranju si lahko pomagamo z različnimi programi, s katerimi naprej izrišemo robotsko celico, kot je npr. CAD-datoteka ali ustrezna robotska simulacija.



Slika 15.2: Izris robotske celice

Vir: <http://indtool.net/robotics.htm> (21.1.2012)

KRL

KRL je kratica za programski jezik, ki ga uporabljamo pri programiranju robotov. S tem jezikom lahko izvajamo ukaze, ki jih nato robot izvrši. Kuka robot language je bil razvit posebej za programiranje teh robotov na podlagi programskega jezika basic. S pomočjo nabora ukazov lahko sprogramiramo robota v več načinih.

OSNOVNI GIBI ROBOTOV:

1. **PTP** (angl. point to point motion) – gib, ki gre po najkrajši možni poti do točke. Programer mora nastaviti točko, do katere mora priti robot.
2. **LIN** (angl. linear motion)– gibanje naravnost po oseh. Pri tem premiku mora programer določiti eno točko, do katere mora priti robot. Robot pride do te točke po najkrajši poti, a se giblje samo po oseh x, y in z.
3. **CIRC** (angl. circular motion) –robot se giblje po krožnici, ki jo določimo. Programer mora določiti dve točki: sredinsko in končno točko, v kateri se krožnica konča. Začetno točko treba določiti že prej.

VHODI IN IZHODI

VHODI – lahko so digitalni ali analogni. Informacijo vhoda dobimo iz drugih perifernih naprav. Druge naprave vežemo na robote preko industrijskih povezav, kot sta profinet in profibus. Vse vhode in izhode moramo konfigurirati v hardwareških nastavitvah. Za direkten dostop do vhoda uporabljamo sintakso \$IN[37].

IZHODI – tudi izhode lahko povežemo preko industrijske povezave in krmilnika do lučke, kontaktorja itd. Če želimo dostopati do izhoda 33, moramo uporabiti sintakso \$OUT[33]. Če želimo določiti, da je na izhodu logična enka, izpišemo \$OUT[33]=TRUE, če pa ničla, pa izpišemo \$OUT[33]=FALSE.

PULSE OUTPUTS – izhod lahko za kratek čas preklopimo in ga nato preklopimo nazaj v prvotni položaj. To storimo z ukazom PULSE(\$OUT[#],state,time). Poleg tega moramo nastaviti # (izhod, na katerem se bo preklopilo), state (v kakšno stanje se bo preklopilo) in time to (čas, kako dolgo bo preklopljeno). Primer preklopitve izhoda 33 v položaj logične enke za pol sekunde: PULSE(\$OUT[33],TRUE,0.5).

ZANKE

IF-ZANKA

IF-zanka preverja, ali je podatek resničen ali napačen. Če je resničen, izvede sintakso, v nasprotnem primeru ne.

Sintaksa tega programa je:

IF spremenljivka == TRUE THEN

Naredi karkoli, kadar je zgornja spremenljivka resnična (true).

ELSE

Izvede stavek takrat, kadar zgornja spremenljivka je napačna (false).

ENDIF

Primer, ko je na vhodu številka 33 stikalo, ki preklaplja v položajih vklop/izklop:

```
IF $IN[33]==TRUE THEN
```

Ta stavek se izvrši samo takrat, kadar je stikalo vklopljeno.

```
ELSE
```

Ta stavek se izvrši takrat, kadar stikalo ni vklopljeno.

```
ENDIF
```

Če stavka ELSE ne uporabimo, se nič ne zgodi, ampak program samo preskoči na naslednjo funkcijo:

```
IF $IN[33]==TRUE THEN
```

Stavek se izvrši, če je stikalo vklopljeno, če ni, gre naprej do naslednjega ukaza.

```
ENDIF
```

SWITCH STAVEK – uporabljamo ga, kadar imamo v naprej znano spremenljivko in moramo za vsako vrednost izbrati drugo sintakso. Imamo spremenljivko z imenom števec, ki je lahko v vrednostih 10, 20, 30, 40, 50 ali kateri drugi vrednosti. Če je na vrednostih 10, 20, 30, mora izpisati drugačno sintakso, za vrednosti 40 in 50 pa je sintaksa enaka.

SWITCH števec

CASE 10

Kadar bo spremenljivka 10, se bo izpisala ta sintaksa.

CASE 20

Kadar bo spremenljivka 20, se bo izpisala ta sintaksa.

CASE 30

Kadar bo spremenljivka 30, se bo izpisala ta sintaksa.

DEFAULT

Kadar bo sintaksa 40 ali 50, se bo izpisal ta stavek. Prav tako se bo ta stavek izpisal v primeru druge vrednosti, npr: 3, 90, 43...

ENDSWITCH

FOR ZANKA

For zanka je ponovitvena zanka, v kateri lahko programer en ukaz večkrat ponovi.

Primer: Imamo zanko, ki se mora ponoviti 50-krat. Korak te zanke pa naj bo po 2:

FOR vrednost_ponavljanja = 1 to 100 STEP 2

V tem stavku se mora neka spremenljivka vrednost_ponavljanja vsak cikel povečati za 1, če želimo da se cikel ponovi 50-krat.

ENDFOR

WHILE ZANKA

While zanko uporabljamo za preverjanje stanj vhodov ali števil. Zanka se bo odvijala toliko časa, dokler bo vhod 35 pozitiven.

```
WHILE $IN[35]==TRUE
```

Stavek se bo izvajal tako dolgo, dokler ne bo vhod 35 negativen.

```
ENDWHILE
```

UNTIL LOOP

Je ista zanka kot whilezanka, s tem da se podatek vhoda bere na koncu. Robot bo ponavljal en ukaz tako dolgo, dokler se ne bo spremenila spremenljivka. Ko se bo ta spremenila, bo stroj videl to šele na koncu cikla.

REPEAT

Program se bo ponavljal tako dolgo, dokler ne bo vhod 40 logična ničla.

```
UNTIL $IN[40]==FALSE
```

DOLOOP

Doloop je neskončna zanka, ki se uporablja za pisanje vsakega programa, ki se izvaja ciklično.

```
LOOP
```

Stavek, ki se bo izvajal neskončnokrat.

```
ENDLOOP
```

SPREMENLJIVKE

V programu KRL poznamo dve spremenljivki, definirani za lažje računanje. To sta:

- Integer (števila brez decimalne vejice kot so: 1, 233, 143, 4365)
 - sintaksa: INT *ime_spremenljivke*
- Real (decimalna števila kot so: 3.24, 201.11, 6098.12)
 - sintaksa: REAL *ime_spremenljivke*

Logične operacije:

- NOT
- AND
- OR
- EXOR

Računske operacije:

- množenje *
- seštevanje +
- odštevanje -
- deljenje /

Odnosne operacije:

- preveri, ali sta števili enaki: ==
- preveri, ali sta števili večji/manjši: <>
- preveri, ali sta število večje: <
- preveri, ali sta število večje ali enako: <=
- preveri, ali sta število manjše: >
- preveri, ali sta število manjše ali enako: >=

TIMERJI

Timerji so zakasnitve, s katerimi lahko sprožimo neko dejanje. Ko ga sprožimo, se ta šele po določenem času sproži samo in spremeni vhod.

`$TIMER_STOP[1]=FALSE` – ukaz, s katerim prožimo timer (kot na štoparici star gumb).

`$TIMER_STOP[1]=TRUE` – s tem ukazom ustavimo timer (kot na štoparici stop gumb).

`$TIMER[1]` – če želimo meriti v milisekundah, moramo to zapisati v programskem jeziku.

`$TIMER[1]=0` – s tem postopkom timer postavimo na ničlo.

ZAKASNITVE

WAIT FOR – čaka tako dolgo, dokler na vhodu ne dobi pravega podatka.

WAIT FOR \$IN[35] – program bo čakal tako dolgo, dokler ne bo na vhodu logična enka. Šele takrat bo nadaljeval z izvajanjem programa.

WAIT SEC – s tem načinom program robota počaka za določen čas in potem nadaljuje z izvajanjem. `WAIT SEC 3.2` v tem primeru bi program počakal za 3.2 sekunde.

HALT – program čaka tako dolgo, dokler ne pride operater do robota in celoten program ponovno zažene.



POVZETEK

Krmilni računalnik kot programski vmesnik uporablja operacijski sistem Windows. Omogoča pripravo, korekturo, arhiviranje in upravljanje s programi. Posredno nam omogoča usmerjanje, nadzor in usmerjanje pogonskih krogov, nadzoruje varnostni sistem in komunicira s periferijo (zunanja krmilja, omrežje, zunanji računalniki). Krmilni računalnik je sestavljen iz upravljalkega vmesnika, procesorja in glavnega pomnilnika, trdega diska, vodila in akumulatorja. Programiranje robotov je staro toliko kot sama veda robotika. Poznamo direktno – on-line in posredno – off-line programiranje robotov.

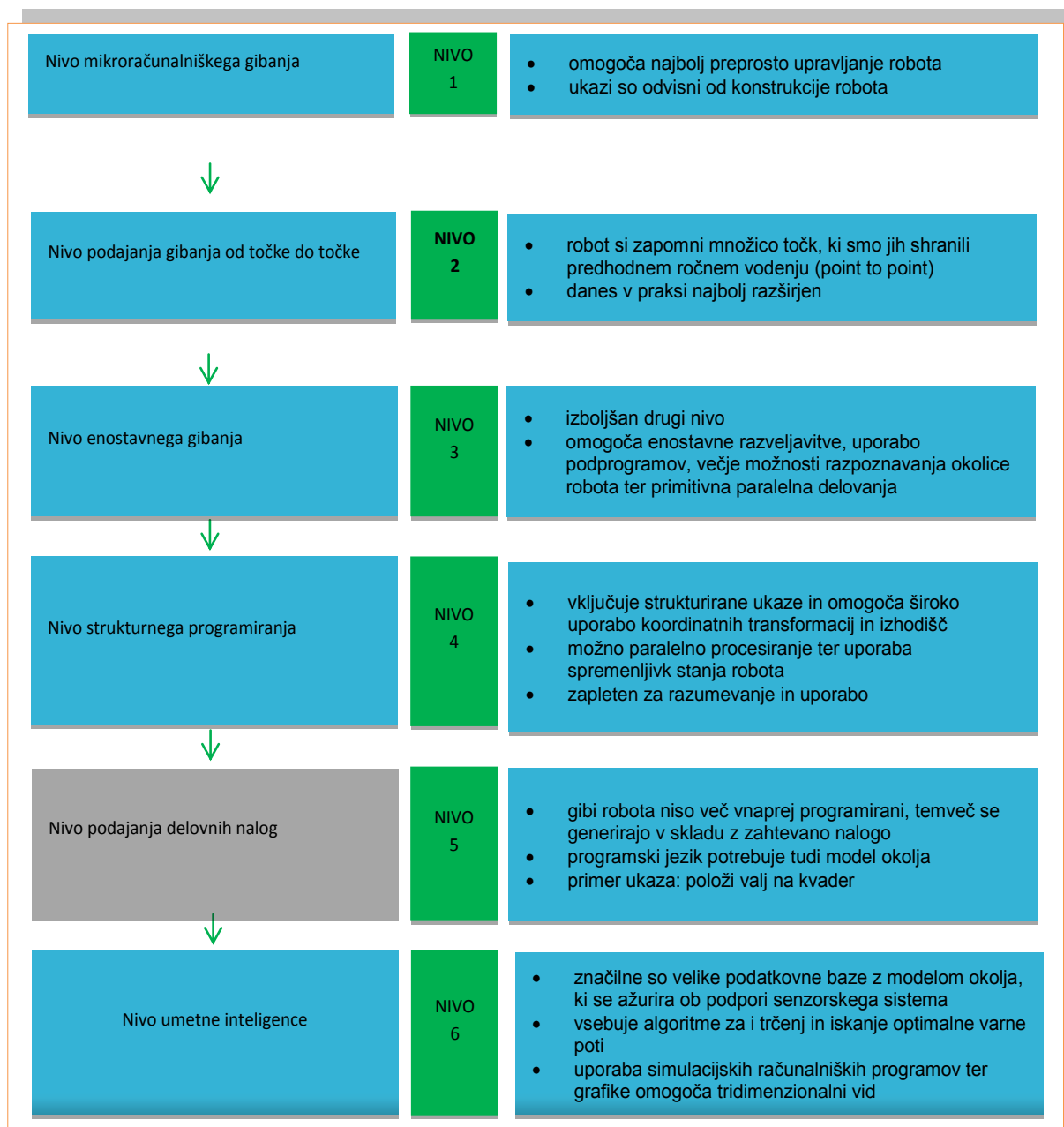


PONOVIMO

1. Opiši osnovno zgradbo industrijskega robotskega sistema.
2. Opiši direktno – on-line programiranje robotov.
3. Opiši posredno – off-line programiranje robotov.
4. Kako prožimo digitalne vhode in izhode robota?
5. Opiši časovne funkcije.
6. Skiciraj in opiši delovanje if-then zanke.

16 PROGRAMSKI JEZIKI

Načini generiranja robotskih trajektorij se za uporabnika z razvojem robotike spreminjajo. V literaturi zasledimo razdelitev robotskih jezikov na šest nivojev. Zadnji, šesti nivo predstavlja najbolj razvit tip robotskega jezika.



Slika 16.1: Razdelitev robotskih jezikov

Vir: Lastni

UMETNA INTELIGENCA V ROBOTIKI

Kot je bilo omenjeno v prejšnjem poglavju, je umetna inteligenca najvišji nivo programiranja robotov in jo na splošno lahko kategoriziramo kot lastnost:

- za učenje in razumevanje;
- da se znajdemo v novih situacijah;
- za preizkušanje;
- da pridobljeno znanje zavestno in usmerjeno uporabimo.

Tako kot pri definiciji robotike tudi neke osnove, splošno veljavne definicije umetne inteligence ni. Ena izmed prvih definicij na osnovi načina odločanja je bila leta 1983 definirana s pomočjo testov v Ameriki (E. Rich, Artificial Intelligence, New York, 1983):

1. Oseba se nahaja v sobi 1, računalnik v sobi 2 ter kandidat v sobi 3.
2. Vsi so povezani preko računalniške povezave. V sobi 1 je terminal 1, v sobi 2 je terminal 2 in v sobi 3 je terminal 3.
3. Kandidat (pri terminalu 3) poskuša s pomočjo vprašanj ugotoviti, kateri terminal ena ali dva je povezan z računalnikom.
4. Če kandidat ne more ugotoviti razlike, potem govorimo o umetni inteligenci.

O umetni inteligenci lahko govorimo tudi takrat, kadar uporabljamo računalnik za opravljanje nalog, kjer smo predhodno predpostavili, da jih je zmožen opraviti le človek.

Delovna področja umetne inteligence lahko na splošno razdelimo na tri med seboj neodvisne sklope:

- obdelava govora;
- razvoj inteligentnega robota;
- razvoj računalniških programov, ki se s pomočjo znanja simbolike obnašajo človekovim odločitvam podobno.

Kot posledica študije umetne inteligence je razvoj računalniških sistemov, ki jih uporabljamo na področjih, ki jih že po naravi povezujemo s človeško inteligenco. Naslednja tabela nazorno prikazuje primerjavo razlik med naravno in umetno inteligenco.

NARAVNA INTELIGENCA	UMETNA INTELIGENCA
kreativnost	nekreativnost
učenje, pridobivanje znanja	znanje je potrebno posredovati, naučiti
senzorski vhodi	simbolni vhodi
širok obseg zaznavanja	ozek obseg zaznavanja
potreben čas učenja	enostavno množenje
dragoceno	ceneno
neenakomerno	enakomerno
spremenljivo	nespremenljivo
težko arhiviranje	enostavno arhiviranje

Cilj robotizacije je reševanje nalog, kar pomeni najti ustrezno oziroma optimalno pot od začetne situacije do zelenega cilja. Pri prehodu te poti lahko človek zavestno ali podzavestno opravi določene naloge. Reševanje nalog je mentalna lastnost, ki jo pogosto označujemo kot razmišljanje. Vsako razmišljanje seveda še ne vodi k rešitvi naloge. Ali rešitve ne najdemo (primanjkuje nam znanja, ne vztrajamo, itd.) ali pa rešitev sploh ne obstaja. Pri umetni inteligenci poskušamo v bistvu kopirati človekovo razmišljanje in njegov način odločanja.

Rešitev naloge je težavna, če je naloga slabo ali pomanjkljivo definirana (realne naloge so pogosto pomanjkljivo definirane):

- cilj ni neposredno opisan oziroma podan;
- okoliščine niso jasno opisane;
- prostor naloge je neskončen;
- časovna omejitev za določitev rezultata.

Človeku uspe neko nalogo rešiti, ker uporablja že znane rešitve in znanja, ki jih ima v svojem spominu na razpolago. Pri zahtevnejših nalogah gre v bistvu za določanje potrebnega znanja, da se težavnost naloge poenostavi.



POVZETEK

Načini generiranja robotskih trajektorij se za uporabnika z razvojem robotike spreminjajo. V literaturi zasledimo razdelitev robotskih jezikov na šest nivojev. Zadnji, šesti nivo predstavlja najbolj razvit tip robotskega jezika.



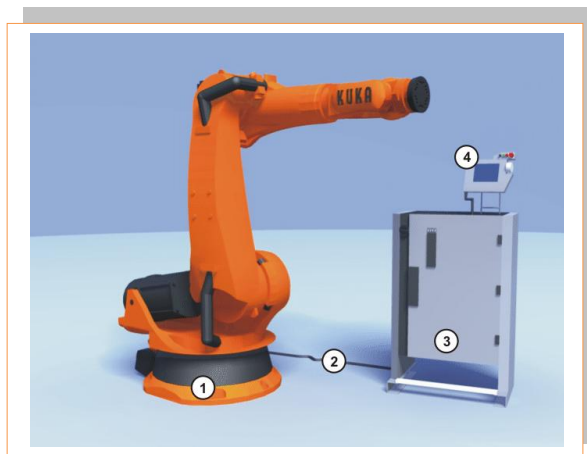
PONOVIMO

1. Opišite razdelitev robotskih jezikov.
2. Opiši umetno inteligenco v robotiki.

17 PRAKTIČNA ROBOTIKA

Industrijski robot je sestavljen iz sledečih komponent:

- Manipulator (1)
- Povezovalni vodniki (2)
- Robotsko krmilje (3)
- Ročna naprava za programiranje (4)
- Programska oprema
- Pribor

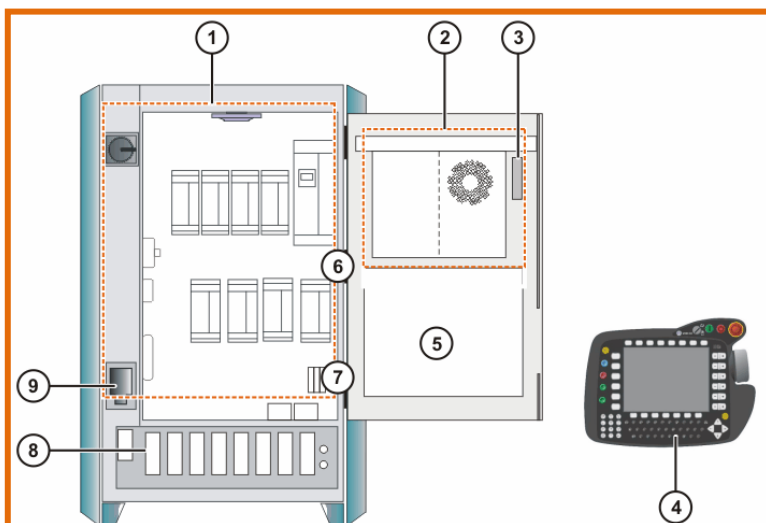


Slika 17.1: Robotsko krmilje

Vir: www.kuka.de (23.1.2012)

Robotsko krmilje je sestavljeno iz sledečih komponent:

- Računalnika krmilja
- Močnostni sklop
- Ročna naprava za programiranje KCP
- Varnostna logika ESC
- KCP priključek (opcija)
- Servisna vtičnica (opcija)
- Priključno polje



Slika 17.2: Robotski krmilnik

Vir: www.kuka.de (23.1.2012)

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 močnostni del | 6 varnostna logika |
| 2 krmilni računalnik | 7 KCP-kartica za priključek |
| 3 priključek učne enote | 8 priključne sponke |
| 4 učna enota | 9 servisna vtičnica |
| 5 namenski prostor aplikacije | |

Krmilni računalnik kot programski vmesnik uporablja operacijski sistem Windows. Omogoča pripravo, korekturo, arhiviranje in upravljanje s programi. Posredno nam omogoča usmerjanje, nadzor in usmerjanje pogonskih krogov, nadzoruje varnostni sistem in komunicira s periferijo (zunanja krmilja, omrežje, zunanji računalniki). Krmilni računalnik je sestavljen iz upravljalkega vmesnika, procesorja in glavnega pomnilnika, trdega diska, vodila in akumulatorja. Na voljo je tudi PCI-vodilo, AGP PRO, USB, COM, LPT ter Ethernet komunikacija.

UČNE SITUACIJE

Viri: Lastni

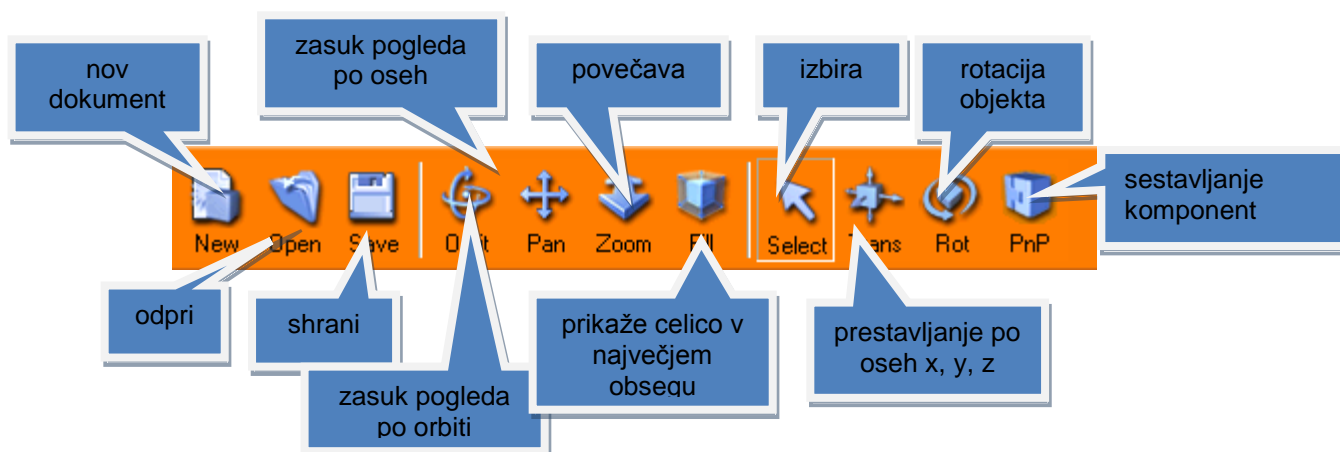
KUKA SIM PRO

Kuka Sim Pro je programsko simulacijsko orodje nemškega proizvajalca robotov KUKA. S tem programskim orodjem si lahko najprej zamislimo, kako bo robotska celica izgledala, nato pa simuliramo gibe enega ali več robotov. S tem prihranimo veliko denarja pri samem programiranju robota, saj nam ni potrebno biti fizično prisoten v celici, vnaprej poskrbimo za odpravo programskih napak in večjo varnost. Takšno programiranje imenujemo **off-line programiranje**.

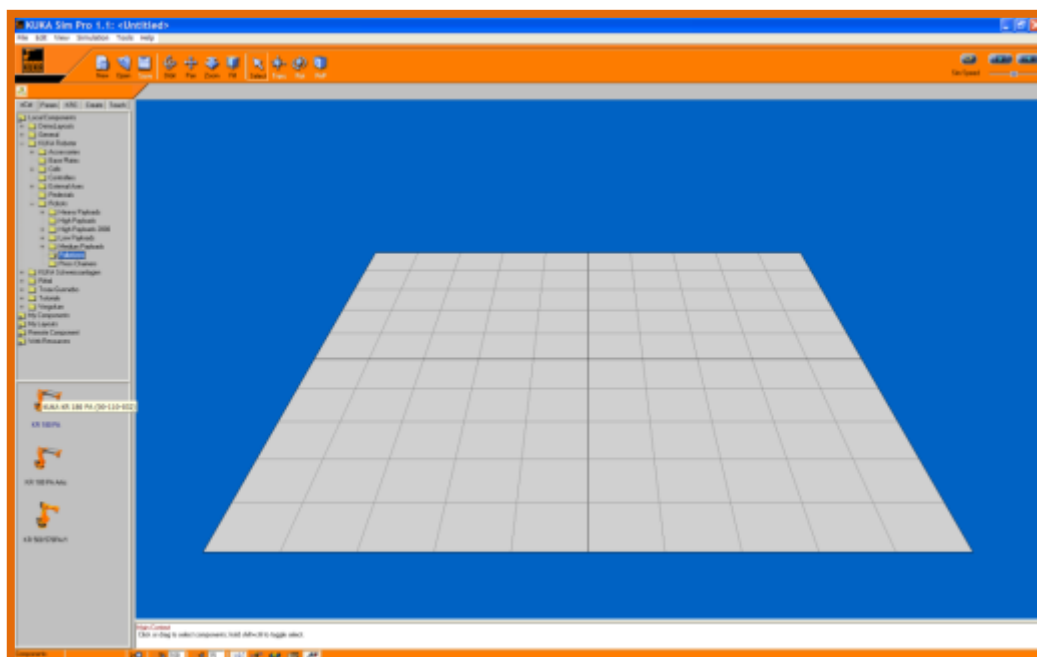
Ko odpremo programsko orodje Kuka Sim Pro, se nam prikaže sledeče delovno okolje:



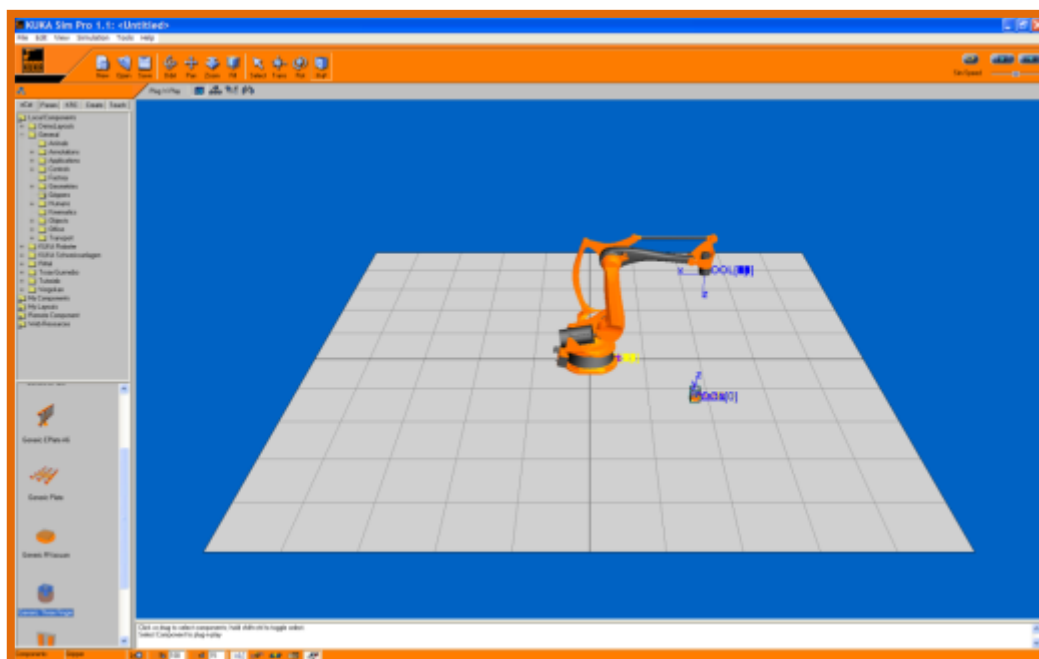
V hitri orodni vrstici se nahajajo sledeči delovni ukazi :



Delovno okolje Kuka Sim Pro:

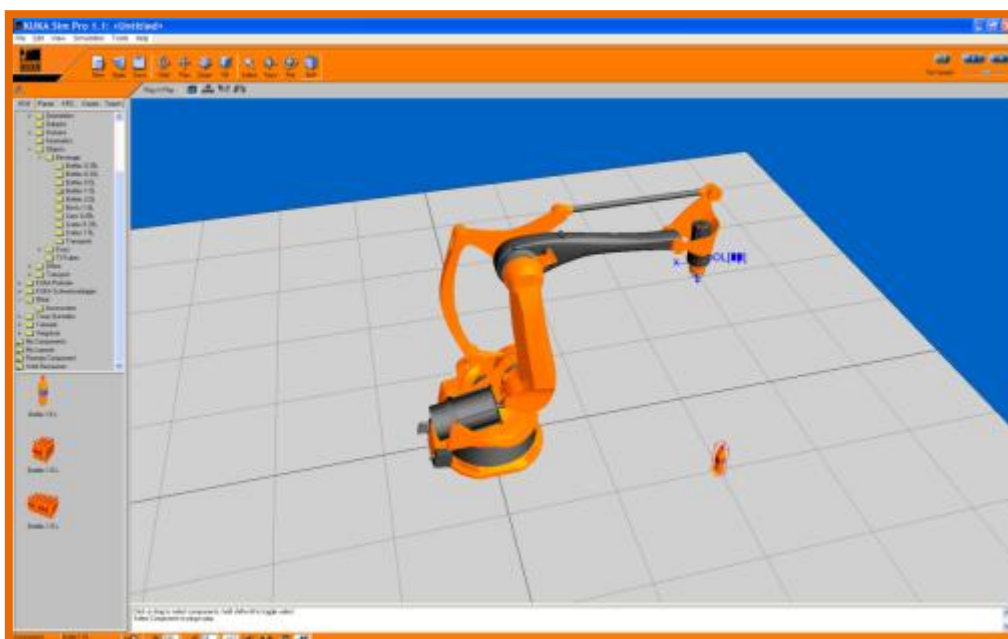


Če želimo vstaviti robota na delovno področje, gremo v Local components, KUKA roboter in robots, izberemo vrsto robota ter ga primemo in povlečemo na delovni prostor.

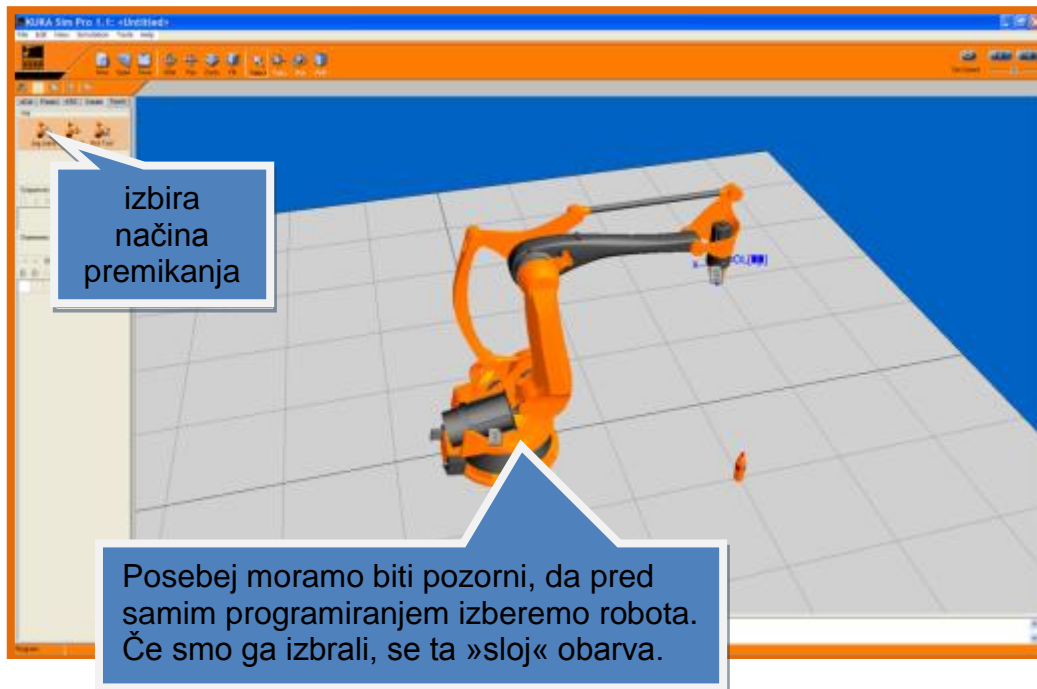


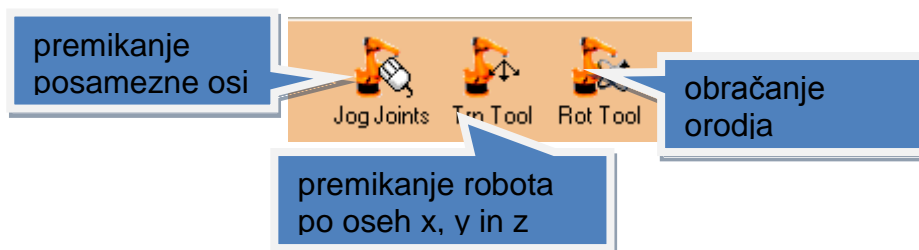
Dodamo prijemalo tako, da ga poiščemo pod **Local components, General in Grippers**. Nato vstavimo prijemalo na robotsko roko.

Vstavimo še plastenko, ki jo najdemo pod **Local components, General, Beverage in Bottles**, kjer izberemo eno plastenko.

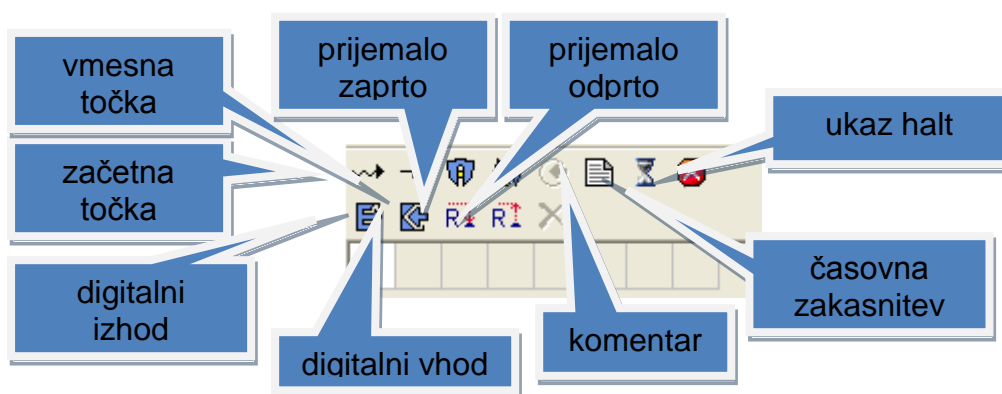


Nato se postavimo na okno **Teach** in ga odpremo. Pričnemo s pisanjem in simulacijo programa.





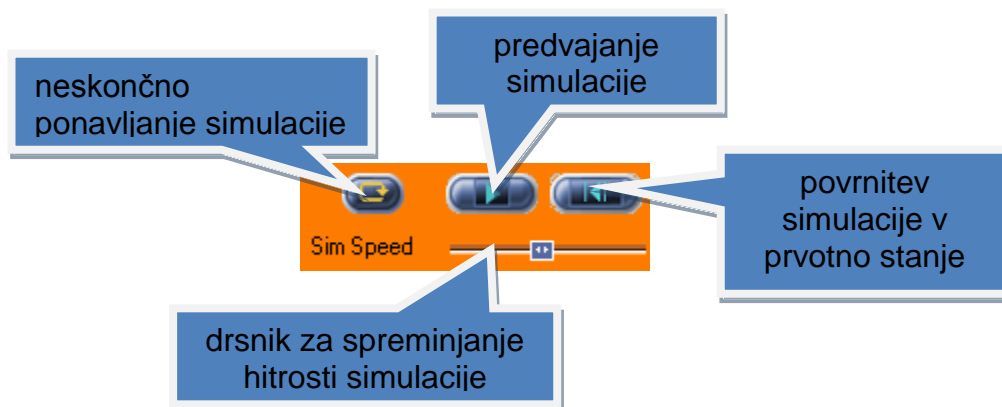
Ko z miško izberemo robota, se nam je prikaže orodna vrstica za upravljanje robota:



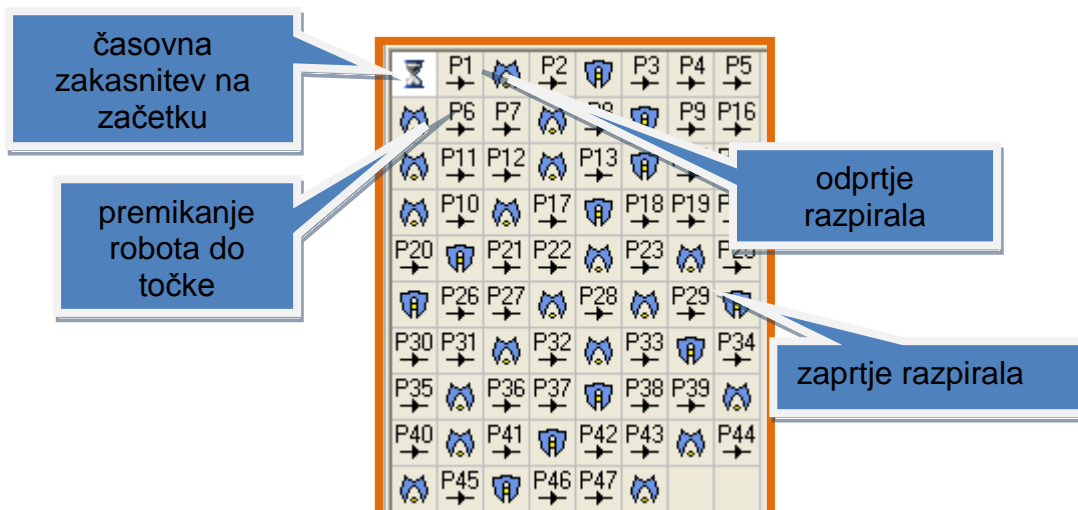
Primer simulacije paletizacije plastenk:



Če želimo izvajati izdelano simulacijo, se postavimo v zgornji desni kot, kjer imamo naslednje ukaze:

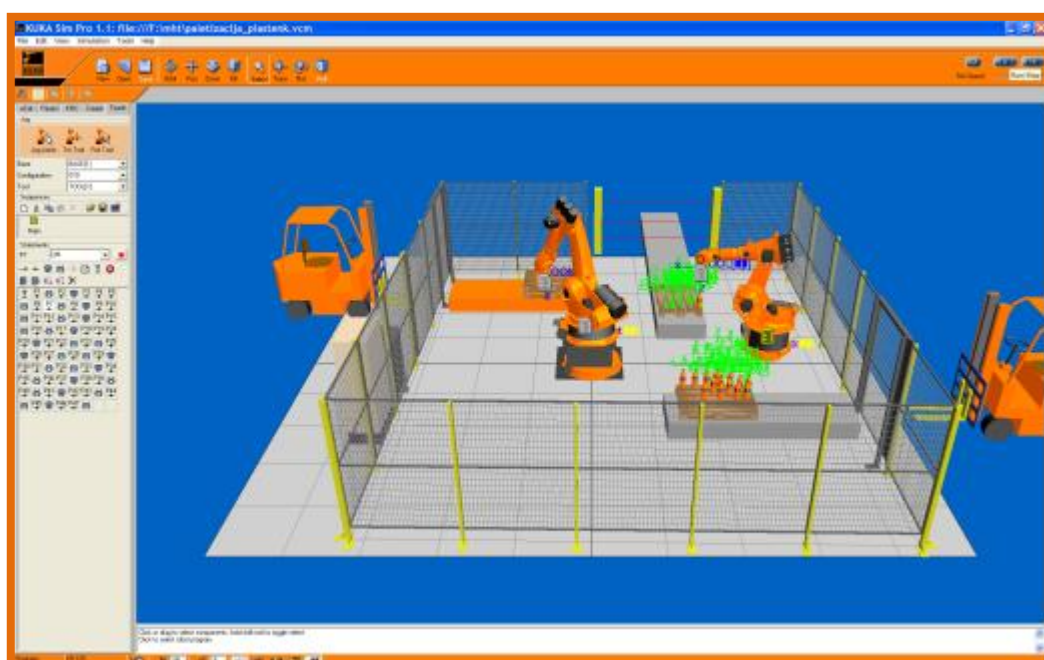


Opis programa za paletizacijo desetih plastenek:



Učna situacija 1 – SIMULACIJA ROBOTSKÉ APLIKACIJE

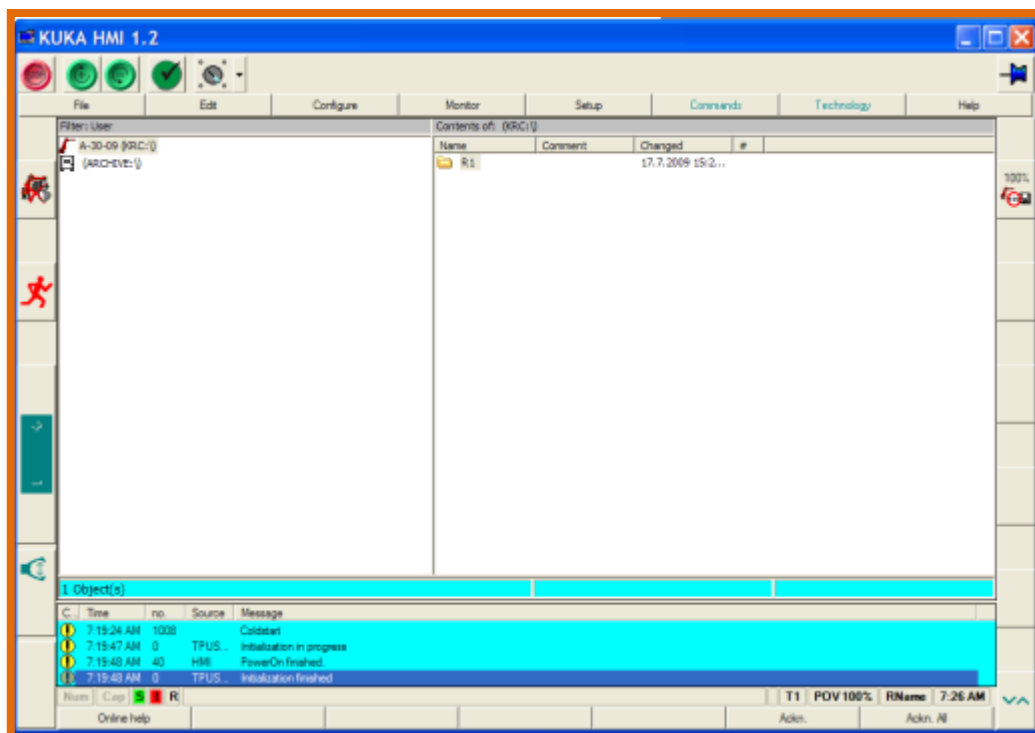
Izvedite robotsko paletizacijo plastenk. V delovni prostor integrirajte robota, izberite prijemalo ter izdelajte program, ki bo omogočal paletizacijo plastenk. Zgradite robotsko celico.



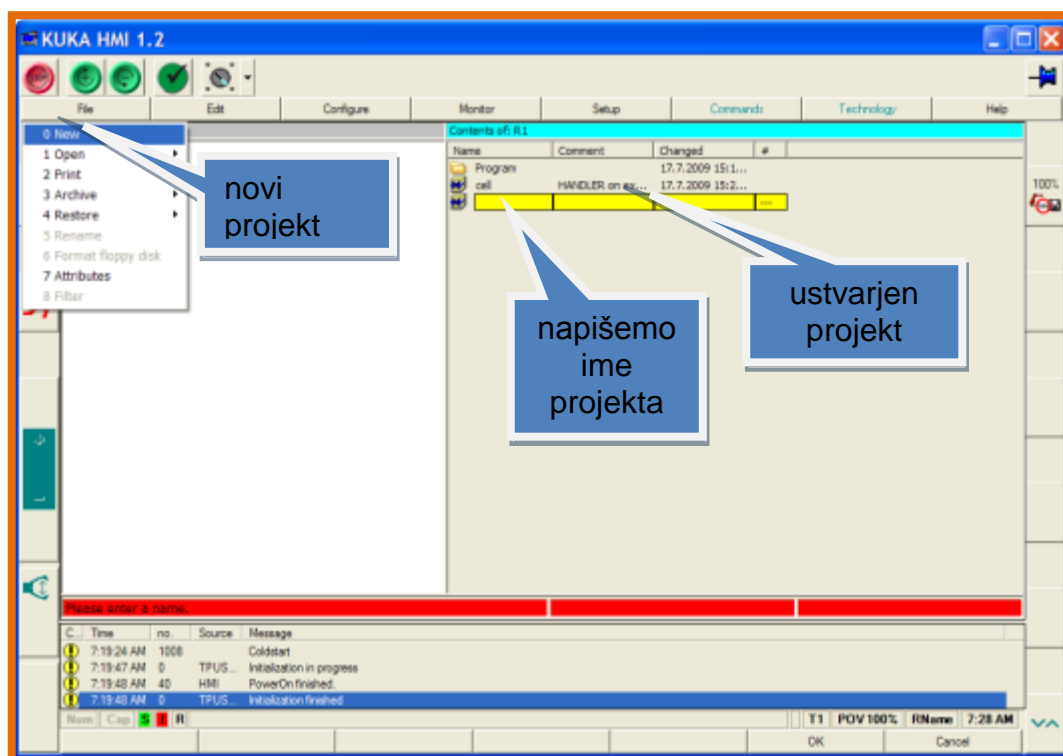
KUKA Office lite

KUKA Office Lite je simulacijski program, ki omogoča off-line programiranje KUKA robotov. V simulatorju lahko napišemo program na identičen način, kot če bi programirali v teach boxu. Nato program le prestavimo na realni robotski krmilnik. Dani programi paket pa lahko povežemo tudi s programom Kuka Sim Pro.

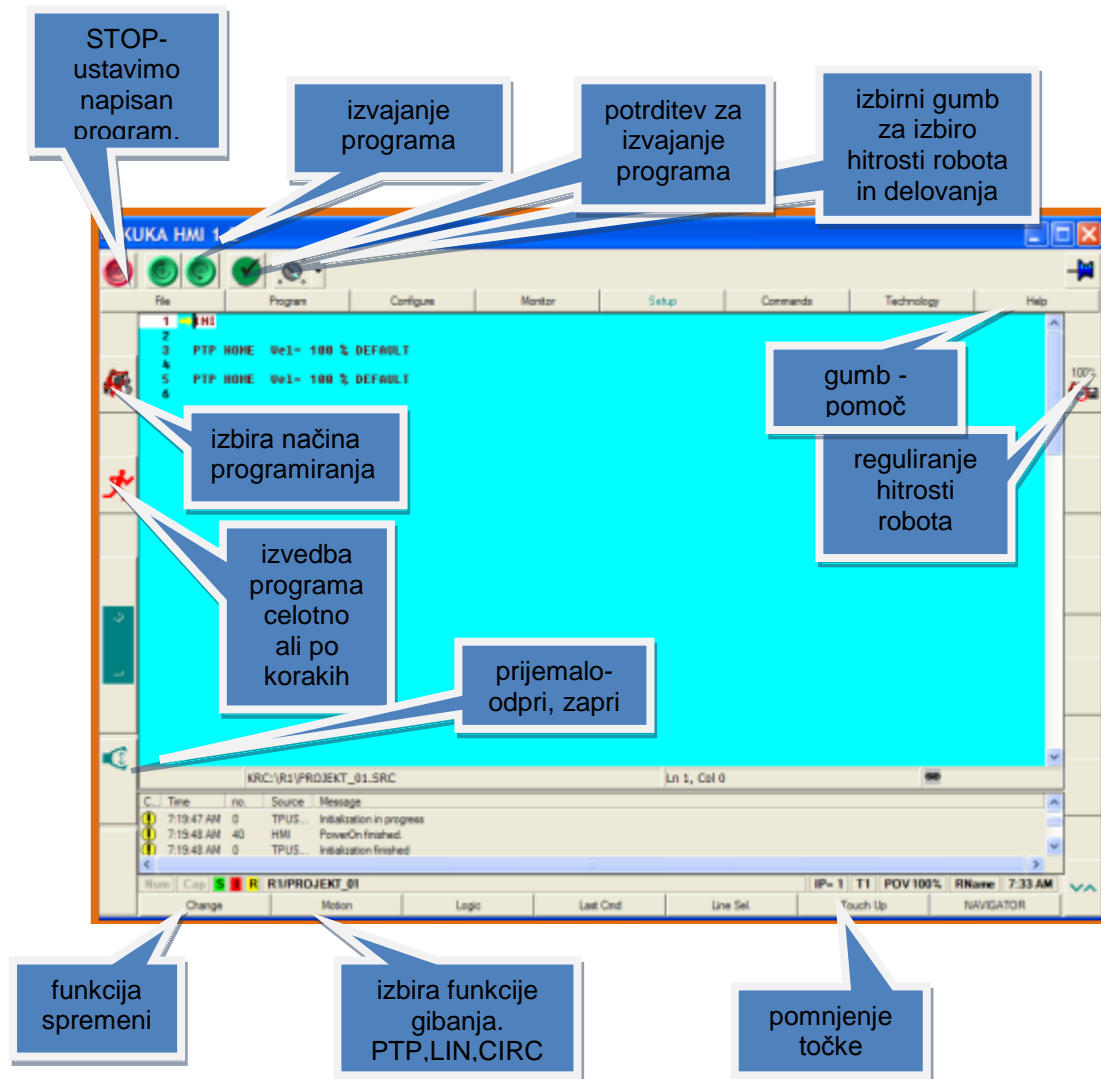




Začetna stran v programu. Na tej strani si najprej ustvarimo novo mapo ter s tem tudi nov projekt. Izberemo **File**, nato pa **New**.



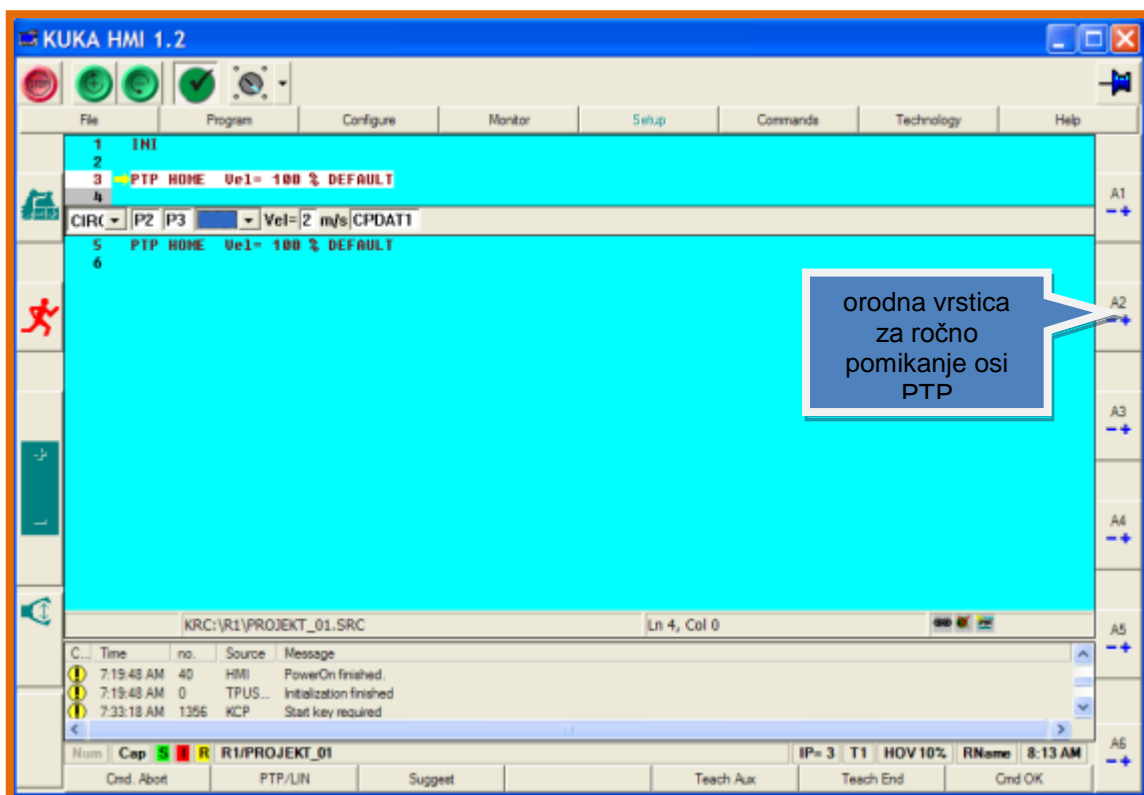
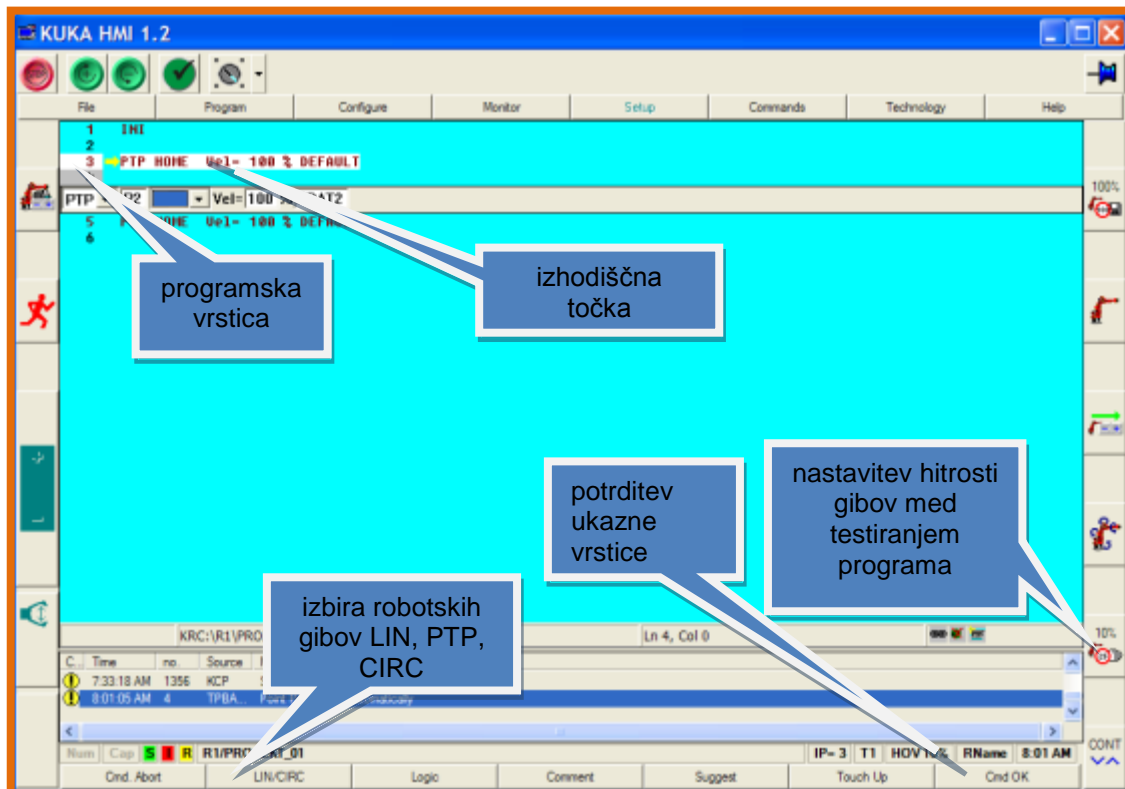
Ko odpremo nov projekt, dvakrat kliknemo na dokument in odpre se nam osnovno okno za programiranje.

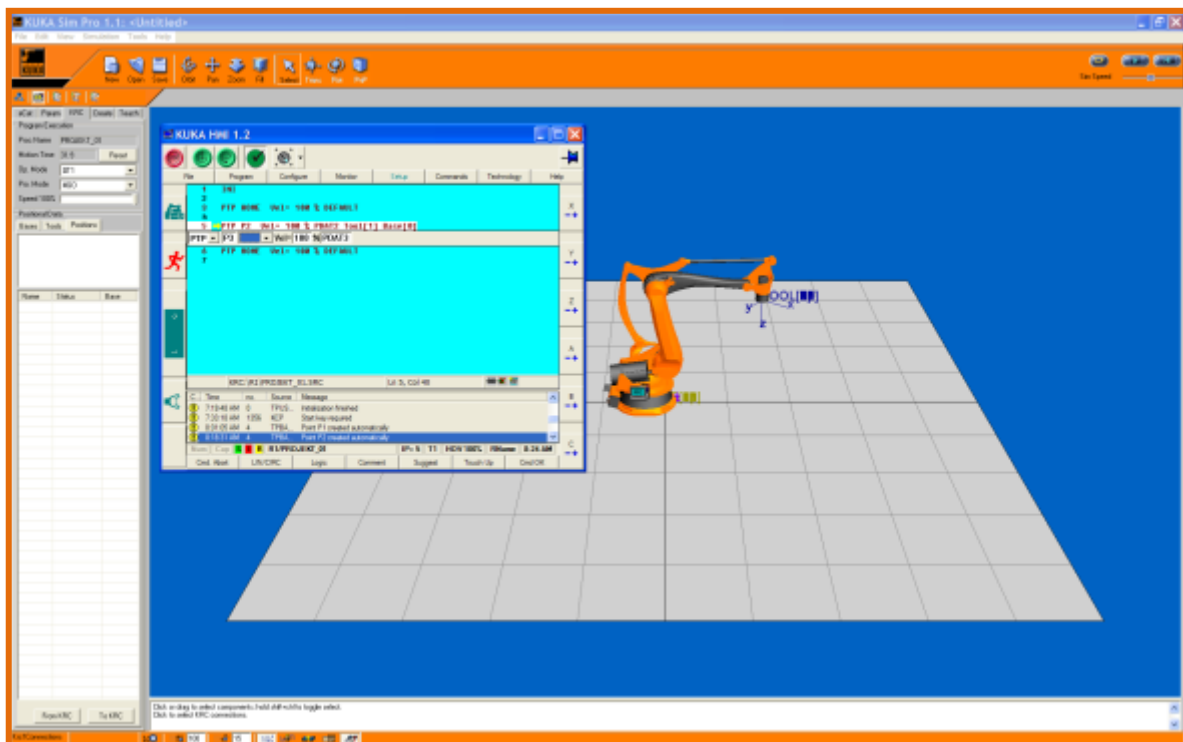
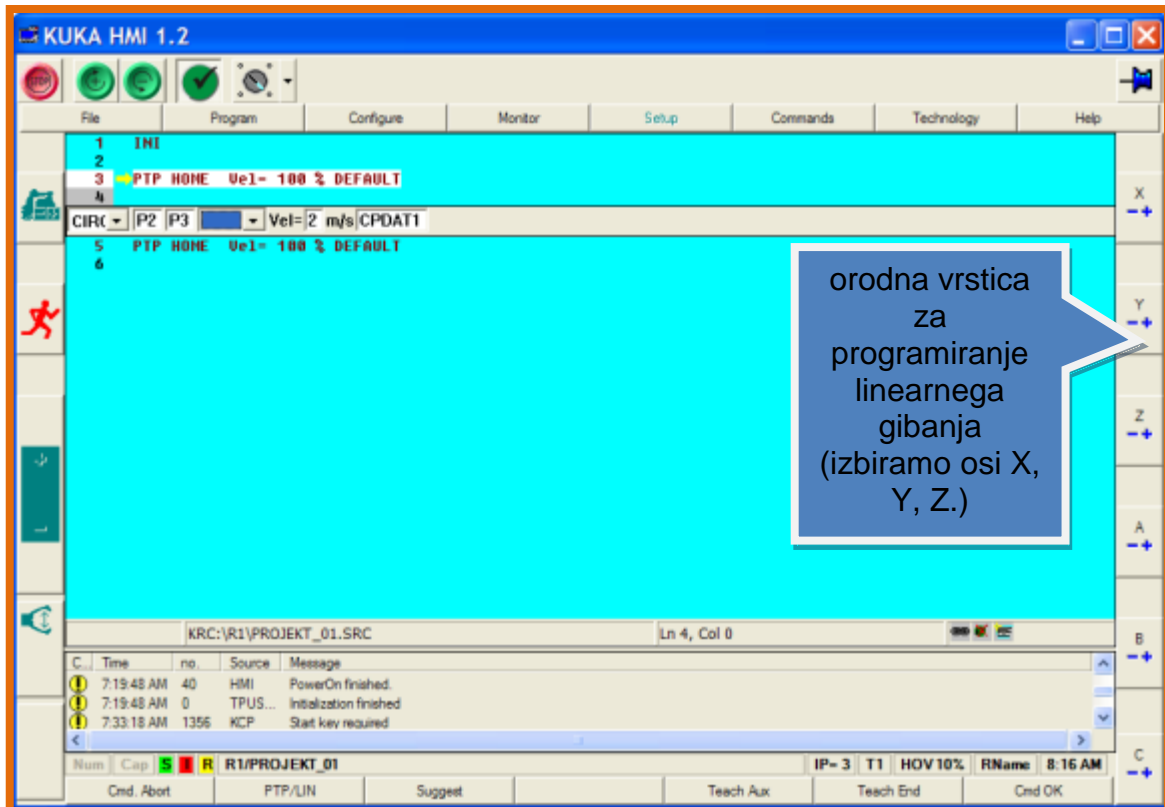


PTP - programiranje gibanja robota od točke do točke.

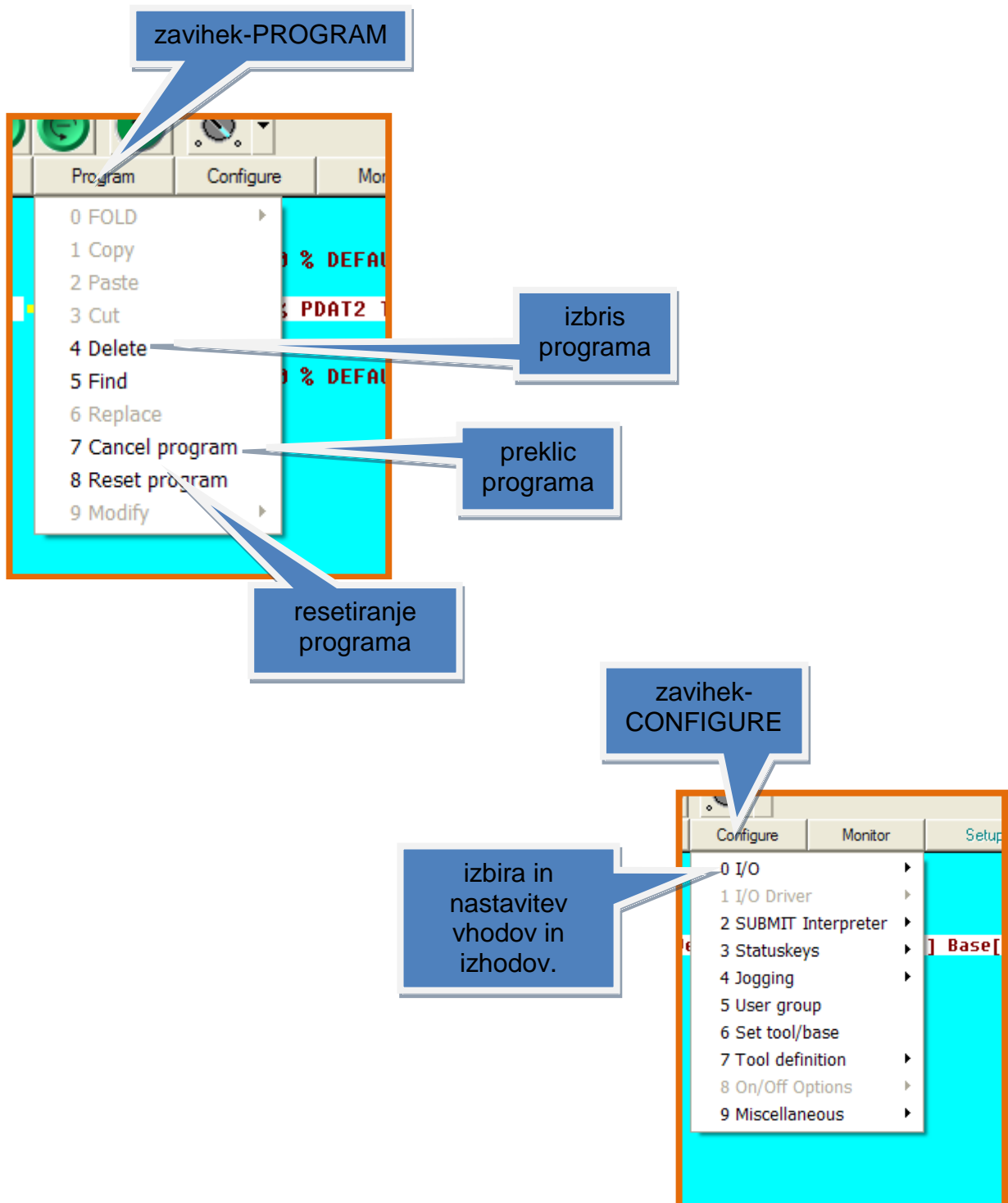
LIN - programiranje gibanja robota v linearnih smereh X,Y,Z.

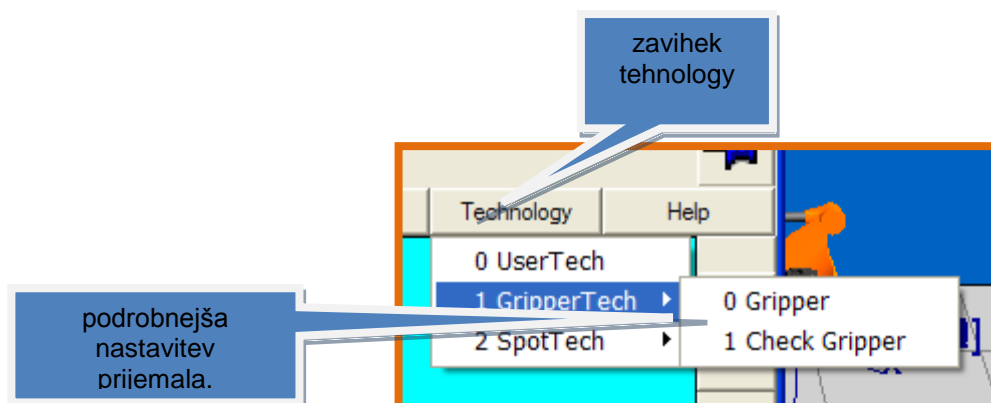
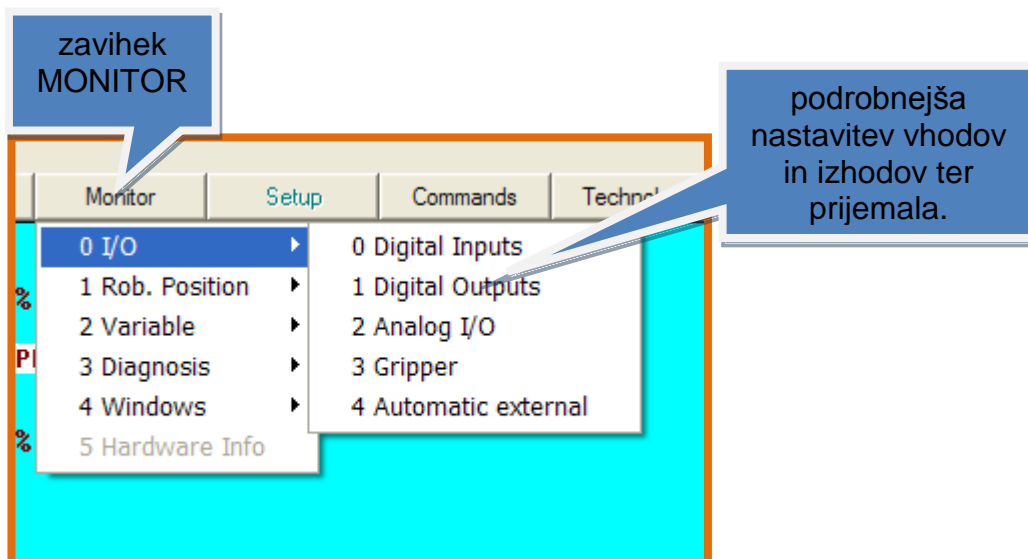
CIRC - programiranje gibanja robota po krožnici.





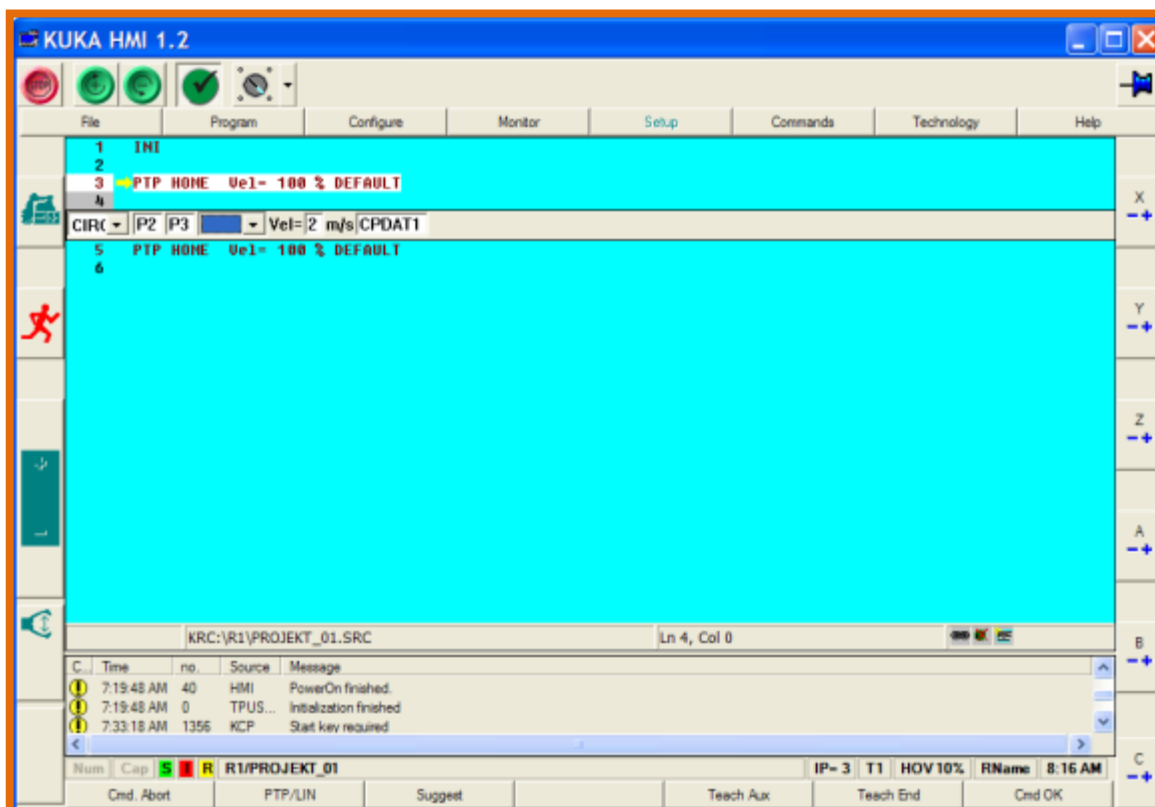
Prikaz programiranja v KUKA Office Lite, v ozadju pa lahko vidimo dejansko gibanje robota oziroma delovanje programa.





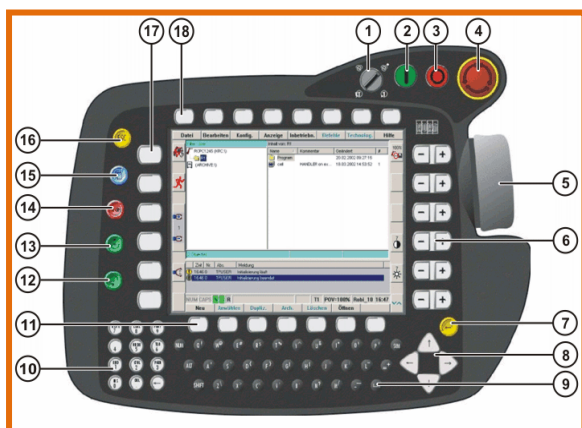
Učna situacija 2 – OFF-LINE PROGRAMIRANJE ROBOTA

V programskem orodju Kuka Sim Lite izdelajte program za robota, ki bo narisal krog in pravokotnik, uporabite LIN-, PTP- in CIRC-gibe robota.



Učna situacija 3 – SPOZNAVANJE UČNE ENOTE ROBOTA

Spoznavanje učne enote robota (teach pendant). Učna enota robota nam služi kot vmesnik človek-robot, s katerim nastavljam, programiramo in upravljamo robota.



- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1 izbirno stikalo programov | 10 numerični del |
| 2 pogoni VKLOP | 11 variabilne tipke |
| 3 pogoni IZKLOP/ SSB-GUI | 12 tipka start nazaj |
| 4 tipka IZKLOP V SILI | 13 tipka start |
| 5 6D-miška | 14 tipka STOP |
| 6 statusne tipke desno | 15 tipka za izbiro okna |
| 7 potrditev | 16 tipka ESC |
| 8 kurzorske tipke | 17 statusne tipke levo |
| 9 tipkovnica | 18 tipke menija |



- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 napisna ploščica | 4 potrditvena tipka |
| 2 tipka start | |
| 3 potrditvena tipka | |

S tipko **start** se program zažene

Potrditvena tipka ima 3 položaje:

- ni pritisnjeno
- srednji položaj
- do konca pritisnjeno

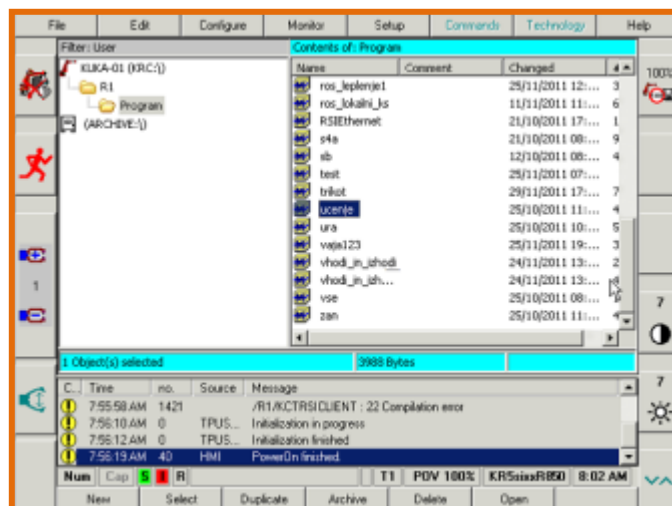
Potrditvena tipka se mora v vrstah obratovanja T1 in T2 držati v **srednjem položaju**, tako se lahko robot pomika.

V vrstah obratovanja avtomatika in avtomatika eksterne potrditvena tipkanima funkcije.

Učna enota robota:



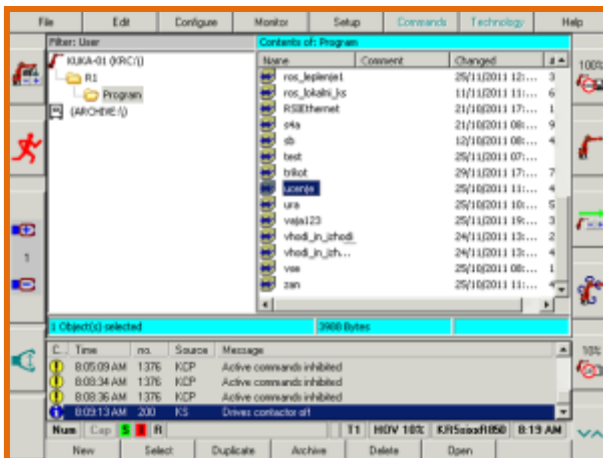
Grafični vmesnik na učni enoti robota:



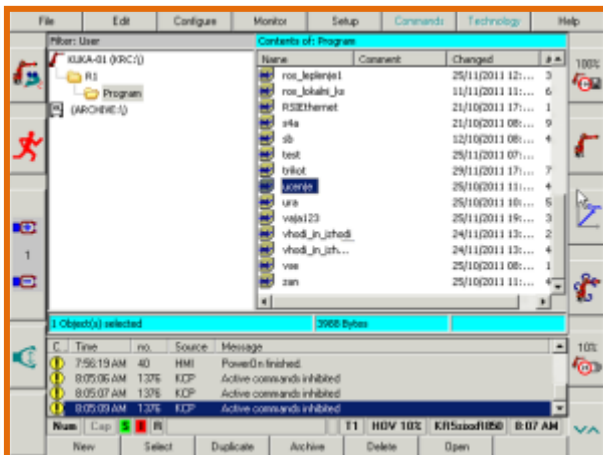
Način prijema učne enote robota:



Ročno vodenje robota s pomočjo smernih tipk +/- :

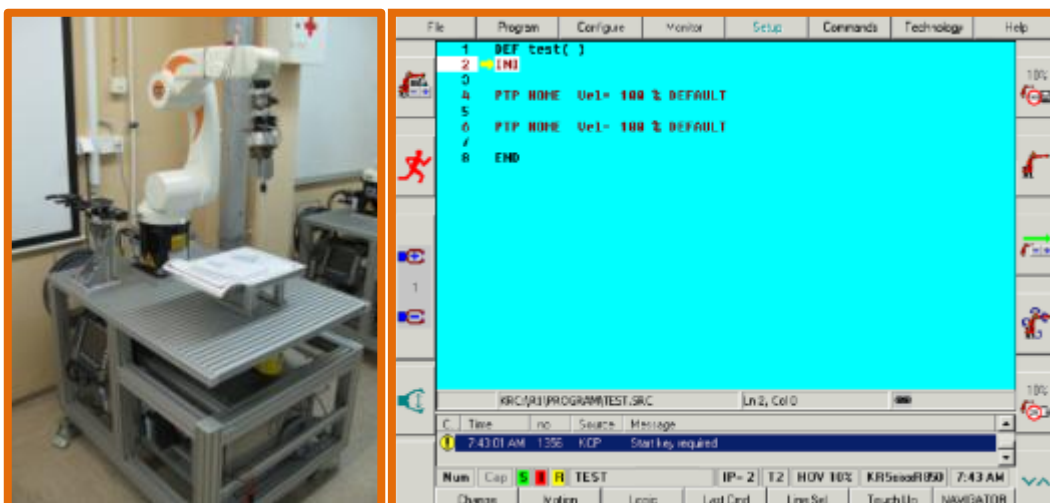


Ročno vodenje robota s pomočjo 6D-miške:

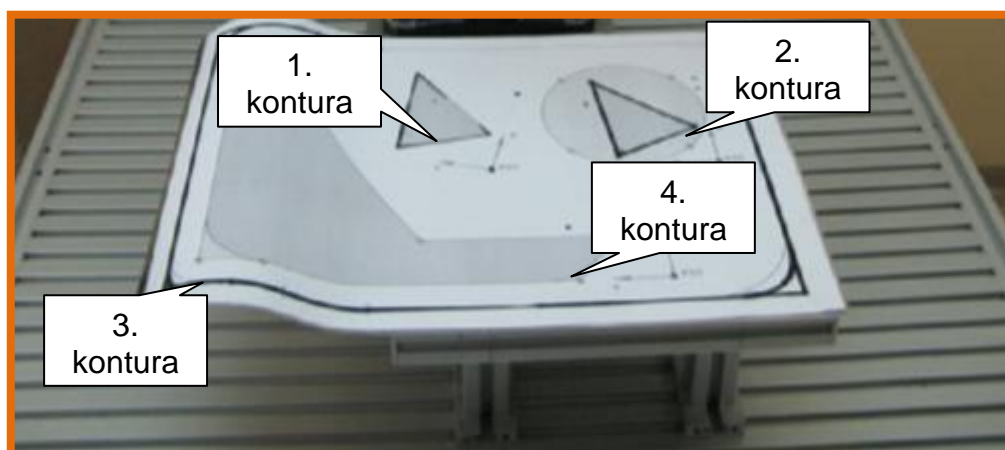


Učna situacija 4 – PROGRAMIRANJE OSNOVNIH GIBOV

Napišite program za realnega robota. Vrh orodja (pisalo) se mora gibati po različnih konturah na podlagi (pravokotnik, krog, krivulja,...).



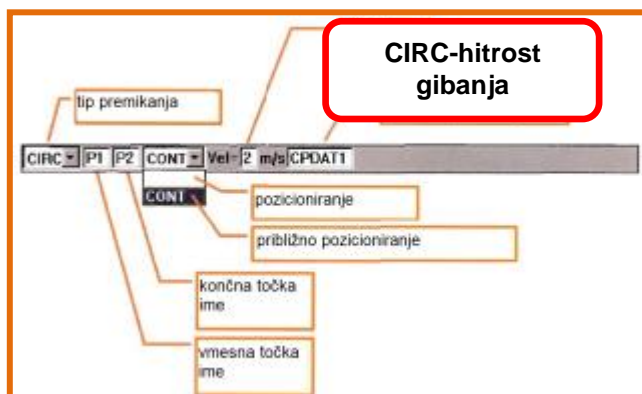
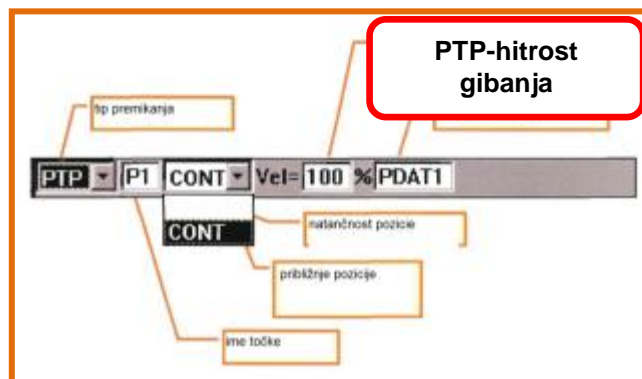
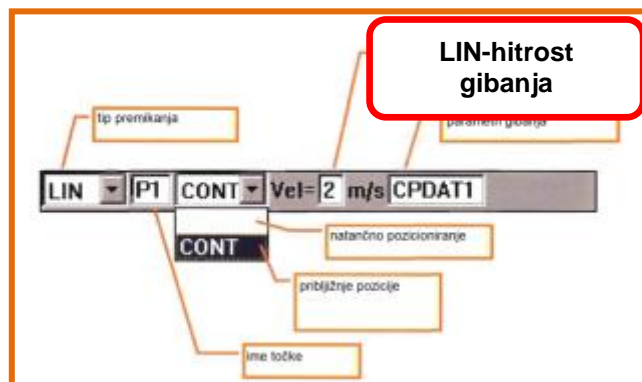
1. kontura (uporabljamo linearne – “LIN”)
2. kontura (uporabljamo linearne – “LIN” gibe ter cirkularne – “CIRC” za krivuljo vzpona)
3. kontura (uporabljamo linearne – “LIN” ter cirkularne – “CIRC” za vzpon)
4. kontura (uporabljamo linearne –“LIN” za trikotnik ter cirkularne - “CIRC” za krožnico)



Opozorilo: Pri 1. in 4. konturi moramo biti pozorni na krivuljo vzpona, da se z orodjem ne zaletimo v podlago!

Učna situacija 5 – SPREMEMBA HITROSTI GIBANJA

Za obstoječi program iz prejšnje učne situacije spremenite hitrost gibanja robota pri posameznih gibih PTP, LIN in CIRC in opazujte razliko v hitrosti gibanja. Pozorni moramo biti na nastavljeni hitrost, saj se hitrost pri programiranju in testiranju razlikuje od dejanske hitrosti robota. Zato za testiranje nastavimo hitrost na 30%, nato pa povečujemo na podlagi projektnih zahtev.

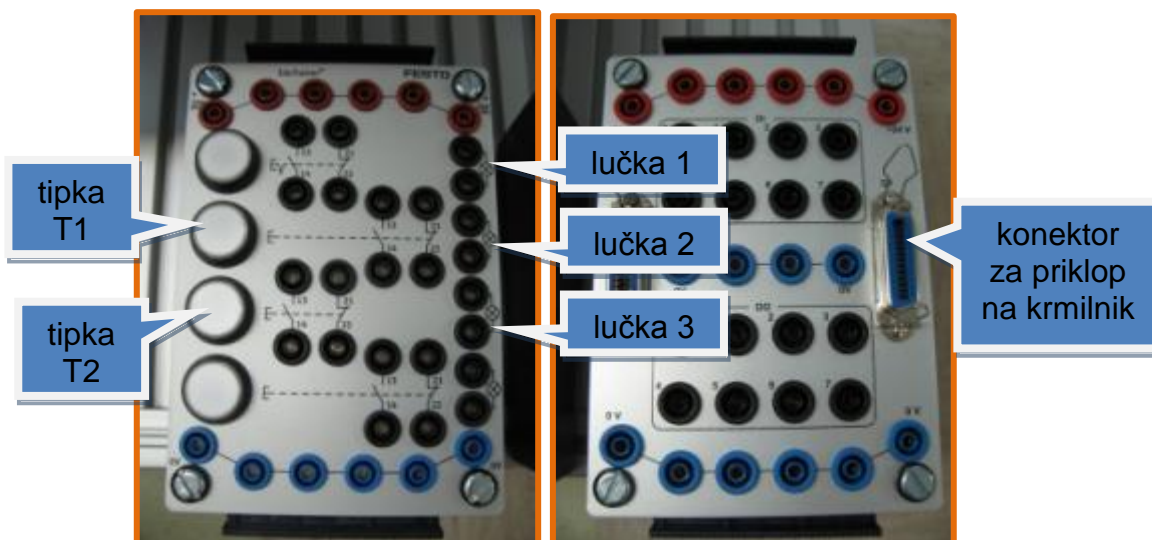


Učna situacija 6 - VHODNE ENOTE ROBOTSKEGA KRMILNIKA

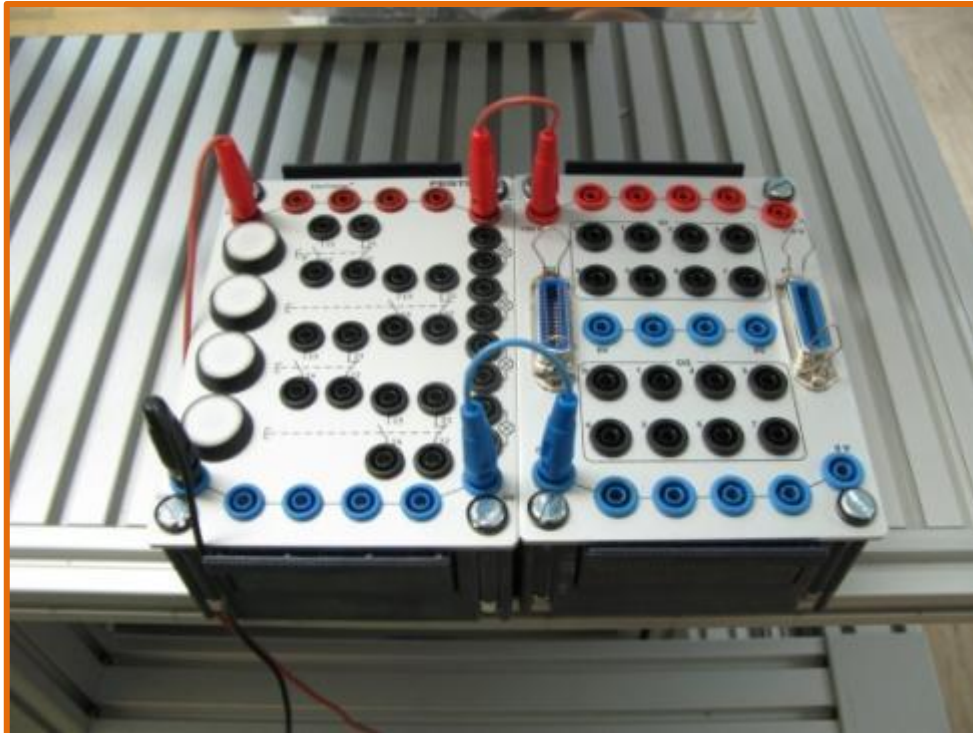
Orodje robota se začne gibati po programirani trikotni konturi šele po pritisku na tipko T1. Električno povežite vhodno izhodne module in robotski krmilnik ter napišite program za gibanje robota glede na stanje vhodne enote.



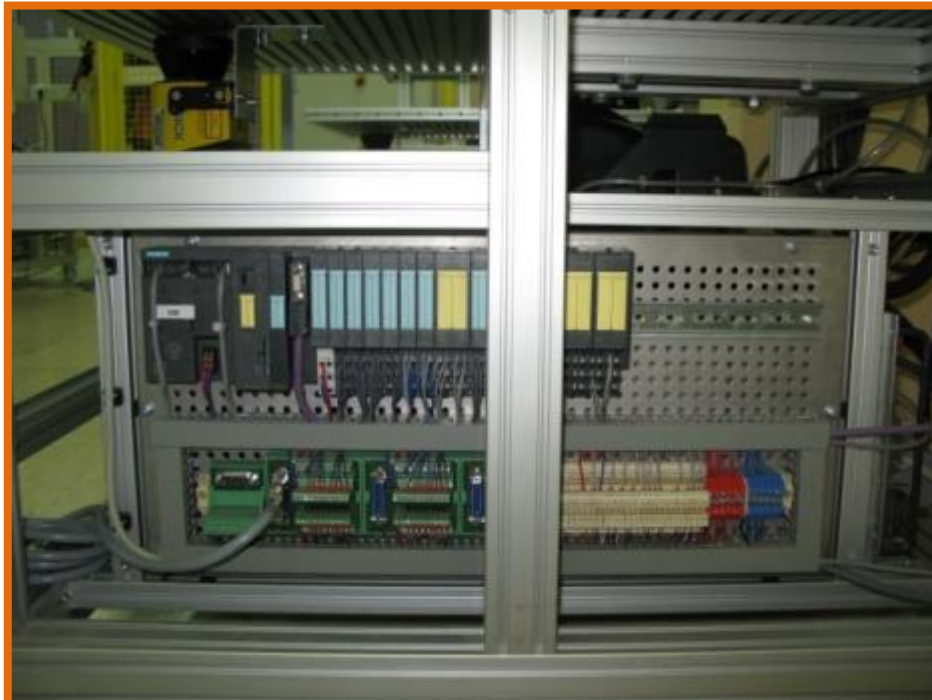
Vhodno/izhodni moduli:



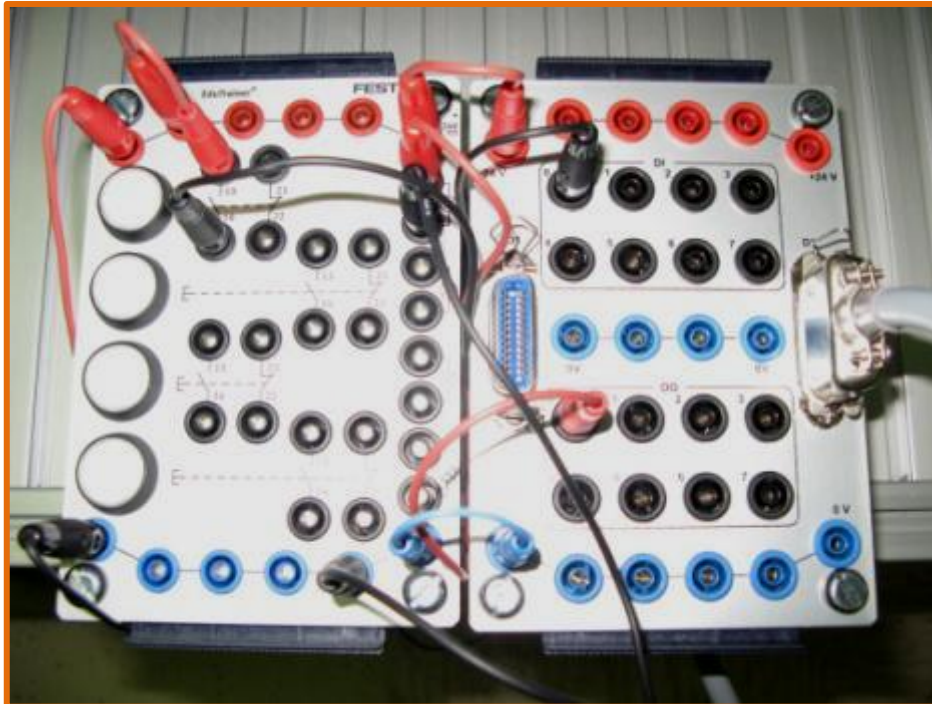
Napajanje vhodno/izhodnih enot:



Povezava na robotski krmilnik preko krmilnika Siemens ET 200:

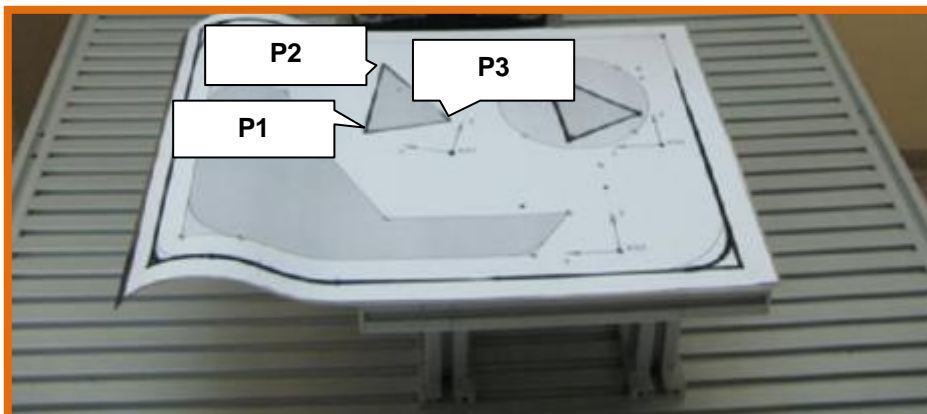


Povezava vhoda (tipka T1) na robotski krmilnik:

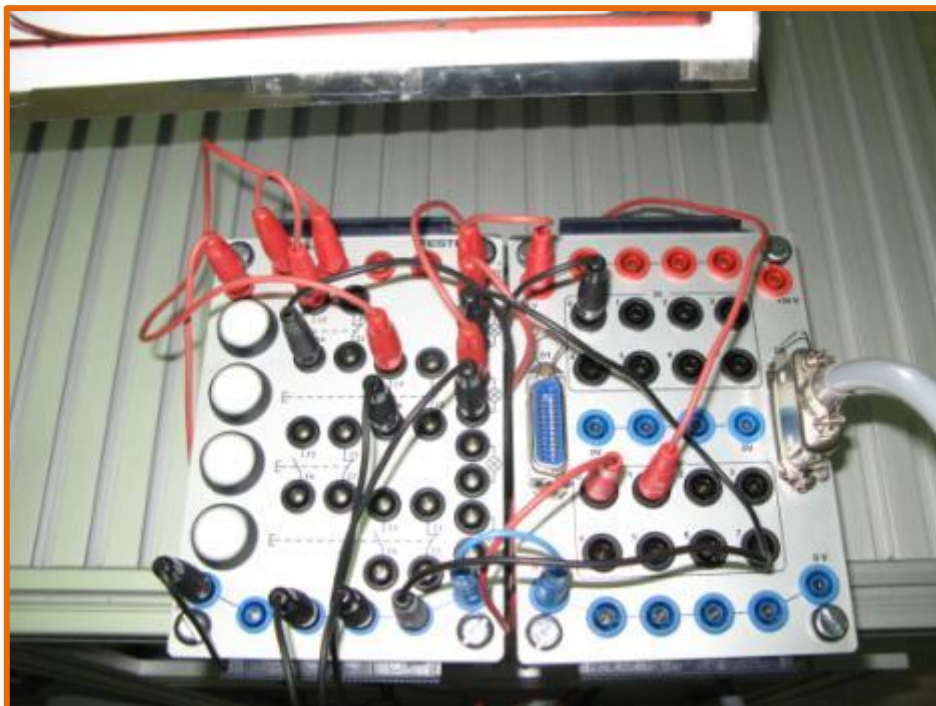


Učna situacija 7 – IZHODNE ENOTE ROBOTSKEGA KRMILNIKA

Orodje robota se pomakne v izhodiščno 1. točko trikotne konture. V 1. točki se prižge izhodna lučka 1 in gori 1 sekundo. Nato se linearno pomakne v 2. točko, kjer se prižge izhodna lučka 2 in gori 2 s. Sledi pomik v 3. točko, kjer se prižge izhodna lučka 3 in gori 3 s. Nato se robot vrne v izhodiščni položaj. Napišite program!

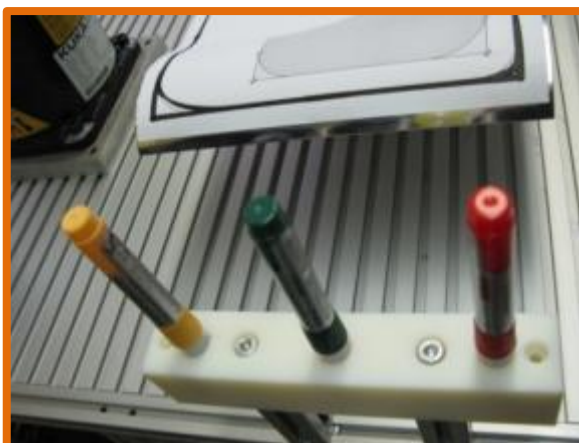
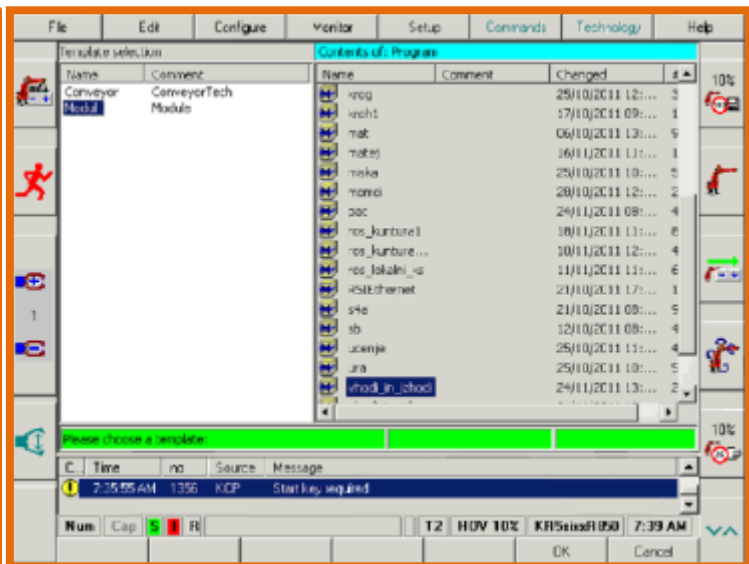


Vezava vhodno/izhodnih enot na robotski krmilnik:



Učna situacija 8 – MENJAVA ORODJA ROBOTA

Napišite program, ki bo menjaval orodja (v našem primeru pisala). Najprej robot vzame rumeno pisalo in nariše trikotno konturo, naslednje "orodje" bo zeleno pisalo, s katerim robot nariše krožno konturo, nato še rdeče pisalo, s katerim robot opiše konturo kvadrata. Nato se vrne v izhodiščni položaj.



Učna situacija 9 – KOMBINACIJA VHODNO/IZHODNIH ENOT

Na začetku naj se prižgejo lučka 1 in lučka 2. Nato čakamo na pritisk tipk T1 in T2. Ko tipki pritisnemo, se lučki ugasneta, robot pa se pomakne v točko 1 in se pomika po trikotni konturi.

Program za vhodno/izhodne enote krmilnika:

```

File  Program  Configure  Monitor  Setup  Commands  Technology  Help
1  DEF wheel_in_izhodi( )
2  INI
3
4  OUT 17 "" State= FALSE
5  FTP W00E Vel= 100 % DEFAULT
6
7  OUT 17 "" State= TRUE
8  WAIT FOR ( IN 17 "true" )
9  OUT 17 "" State= FALSE
10 FTP P5 Vel= 100 % PORT2 Tool[1]:ts1 Base[R]
11 OUT 17 "" State= TRUE
12 WAIT FOR ( IN 17 "true" )
13 OUT 17 "" State= FALSE
14 LIN P2 Vel= 0.4 m/s CP00T1 Tool[1]:ts1 Base[R]
15 OUT 17 "" State= TRUE
16 WAIT FOR ( IN 17 "true" )
17 OUT 17 "" State= FALSE
18 LIN P3 Vel= 0.4 m/s CP00T2 Tool[1]:ts1 Base[R]
19 OUT 17 "" State= TRUE
20 WAIT FOR ( IN 17 "true" )
21 OUT 17 "" State= FALSE
22 LIN P4 Vel= 0.4 m/s CP00T3 Tool[1]:ts1 Base[R]

```

KRC:R1PROGRAMWH00LIN_IZHODI.SK Ln 4, Col 22

C Time no Source Message
7:35:44 100 FCP Star key required

Num Cap R VH00LIN_IZHODI IP= 2 T2 HDV 10% KPSoadr USB 7:37 AM
Charge Intron Logic Last Cmd Line Sel Touch Up NAVIGATOR

Vezava vhodno/izhodnih enot na robotski krmilnik:





LITERATURA IN VIRI

Bajd T. (2006). Osnove robotike. Ljubljana: Založba FE in FRI.

Noe D., Krpač J. (1989). Strega in montaža. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.

Pintarič T., Hočevar M., Čurk J., Gorenc A. (2011). Avtomatizacija in robotika. Ljubljana: Zavod IRC.

Pridobljeno 11. 10. 2011 iz dkum.uni-mb.si/lzpisGradiva.php?id=20787

Pridobljeno 15. 11. 2011 iz <http://www.automation-drive.com/servo-motor>

Pridobljeno 6. 11. 2011 iz <http://www.ddc-web.com/Documents/synhdbk.pdf>

Pridobljeno 23. 12. 2011 iz
http://www.electromate.com/products/series.php?&series_id=100155

Pridobljeno 4. 10. 2011 iz
[1] http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehnoI/Predavanja/lzdel_teh3b.pdf
Pridobljeno 11. 11. 2011 iz

http://www.impletum.zavodirc.si/docs/Skriti_dokumenti/Avtomatizacija_in_robotika-Pintaric_Hocevar_Curk_Gorenc.pdf

Pridobljeno 10. 11. 2011 iz www.inotech.si/slovene/components.htm

Pridobljeno 23. 11. 2011 iz <http://www.intuitivesurgical.com/products/>

Pridobljeno 30. 10. 2011 iz <http://www.irobot.si/>

Pridobljeno 14. 12. 2011 iz www.irt3000.si

Pridobljeno 20. 11. 2011 iz http://www.kuka-robotics.com/res/sps/94de4d6a-e810-4505-9f90-b2d3865077b6_Spez_KR_C2_ed05_sl.pdf

Pridobljeno 14. 12. 2011 iz www.mikron.si/prod_gmg.htm

Pridobljeno 12. 11. 2011 iz
<http://www.motoman.com/products/robots/models/sda10d.php>

Pridobljeno 18. 11. 2011 iz <http://www.ni.com/pdf/manuals/373379f.pdf>

Pridobljeno 29. 11. 2011 iz
http://ozi.domel.si/sl/produkti/industrijski_robotti

Pridobljeno 23. 11. 2011 iz <http://www.pakman.si/>

Pridobljeno 15. 10. 2011 http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/sis_meh/Welcome.html

Pridobljeno 4. 11. 2011 iz <http://www.ro.feri.uni-mb.si/~marijan/Motorji/Motorji.htm>

Pridobljeno 22. 12. 2011 iz
http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehnoI/Predavanja/Izdel_teh3b.pdf

Pridobljeno 6. 12. 2011 iz http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/sis_meh/Welcome.html

Pridobljeno 3. 12. 2011 iz
http://www.ro.feri.uni-mb.si/predmeti/izdel_tehnoI/Predavanja/Izdel_teh3b.pdf

Pridobljeno 23. 11. 2011 iz www.robos.si/SAS.htm

Pridobljeno 12. 12. 2011 iz
<http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/DIV02/S3000%20manual.pdf>