

ŠOLSKI CENTER CELJE

SREDNJA ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, MEHATRONIKO IN MEDIJE

**KOMUNIKACIJA ROBOTOV
V INDUSTRIJSKIH
SYSTEMIH**

(OPTIMIZACIJA ROBOTA)

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji:

Lovro Bolko, M-4.c

Tomaž Flere, M-4.c

Jure Gojzdnik, M-3.c

Mentorja:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.

Matej Veber, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, "Mladi za Celje"

Celje, 2013

POVZETEK

V okviru raziskovalne naloge smo si zadali cilj, da bomo s pomočjo programa paletizacije za ločevanje plastičnih in kovinskih izdelkov s tekočega traku optimizirali in pospešili ter izboljšali delovanje. Ker smo želeli svoje raziskovanje tudi ekonomsko upravičiti, smo preračunali strošek, ki ga imamo v proizvodnji z robotom, in strošek, ki ga imamo z delavcem.

Poleg tega pa z robotizacijo in avtomatizacijo poskušamo omejiti, oz. odstraniti monotono delo in človeško napako. Robote lahko uporabimo tudi za dvigovanje, zlaganje in premikanje težkih bremen, ki so za človeka prenaporna in škodljiva. Vse več podjetij se odloča za nadomeščanje delavcev z roboti, vendar je edina težava še hitrost proizvodnje, h kateri stremijo vsi, zato smo se odločili paletizacijo optimizirati na najkrajši čas in največjo učinkovitost. Naš cilj je robota popolnoma avtomatizirati, da z delom prične na začetku izmene, ko delavci proizvodnjo začenejo, in konča, ko mu izdelkov za paletiziranje zmanjka.

KAZALO VSEBINE

| | |
|---|-----------|
| POVZETEK..... | 2 |
| 1 UVOD | 6 |
| 2 IDEJA IN SOOČENJE S PROBLEMOM..... | 7 |
| 2.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA | 7 |
| 2.2 HIPOTEZA | 8 |
| 2.3 RAZISKOVALNE METODE..... | 9 |
| 3 TEORETIČNI DEL..... | 10 |
| 3.1 ZGODOVINA ROBOTA | 10 |
| 3.2 VZROKI RAZVOJA ROBOTIZACIJE | 14 |
| 3.3 TRIJE ZAKONI ROBOTIKE PO ISAACU ASIMOVU..... | 15 |
| 4 ROBOTSKA PALETIZACIJA | 16 |
| 4.1 PALETIZACIJA..... | 16 |
| 4.2 RAZVOJ PALETIZACIJE | 16 |
| 4.3 CILJI PALETIZACIJE..... | 17 |
| 4.4 OSNOVNA DELITEV SESTAVE ROBOTA | 18 |
| 4.5 SPECIFIKACIJE NAŠEGA ROBOTA..... | 19 |
| 4.6 OSNOVNE VRSTE ROBOTOV | 22 |
| 4.7 ROBOTSKA PRIJEMALA | 25 |
| 4.7.1 VRSTE POGONA PRIJEMAL..... | 27 |
| 5 PRAKTIČNI DEL..... | 29 |
| 5.1 PROUČEVANJE ROBOTA ZA PALETIZACIJO | 29 |
| 5.1.1 VARNOST..... | 29 |
| 5.1.2 IZVORI NEVARNOSTI | 30 |
| 5.1.3 GIBANJE ROBOTA..... | 30 |
| 5.2 OPTIMIZACIJA PALETIZACIJE..... | 33 |
| 5.3 NAČRTOVANJE IN IZDELOVANJE ROBOTSKE CELICE..... | 33 |
| 5.4 KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE..... | 34 |
| 5.4.1 KONSTRUIRANJE V PRO ENGINEER-JU | 36 |
| 5.5 EKONOMSKA UPRAVIČENOST INVESTICIJE..... | 37 |
| 5.6 IZVEDBA IN PROGRAMIRANJE APLIKACIJE | 38 |
| 6 PROGRAMIRANJE | 39 |
| 6.1 PRIMER PROGRAMA..... | 39 |
| 6.2 TEŽAVE PRI PROGRAMIRANJU..... | 43 |

Raziskovalna naloga – optimizacija robota

| | |
|---|-----------|
| 6.3 VARNOSTNI SCANNER SICK | 44 |
| 6.4 POVEČEVANJE HITROSTI DELA..... | 45 |
| 6.5 DIAGRAM DELOVANJA ROBOTA..... | 45 |
| 7 REZULTAT NAŠEGA DELA..... | 46 |
| 8 ZAKLJUČEK..... | 47 |
| 9 ZAHVALA | 48 |
| 10 VIRI IN LITERATURA | 49 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| SLIKA 1: PALETIZACIJSKI ROBOT | 8 |
| SLIKA 2: DA VINCIJEV ROBOT..... | 10 |
| SLIKA 3: DALJINSKO VODENO PODVODNO PLOVILO..... | 10 |
| SLIKA 4: THE HUMANOID | 11 |
| SLIKA 5: THE UNIMATE | 11 |
| SLIKA 6: PNEVMATSKI ROBOT "ORM" | 12 |
| SLIKA 7: PRVI ANTROPOMORFNI ROBOT | 12 |
| SLIKA 8: ROBOT "FAMULUS" | 13 |
| SLIKA 9: "SCARA" ROBOT..... | 13 |
| SLIKA 10: ROBOTSKO VOZILO "SOJOURNER" | 14 |
| SLIKA 11: OSNOVNI DELI ROBOTA | 18 |
| SLIKA 12: KUKA KR5 SIXX R650WP | 19 |
| SLIKA 13: DELI ROBOTA | 20 |
| SLIKA 14: ROBOTSKE OSI | 20 |
| SLIKA 15: SFERIČNA ZGRADBA ROBOTA | 22 |
| SLIKA 16: KARTEZIČNA ZGRADBA ROBOTA | 23 |
| SLIKA 17: CILINDRIČNA ZGRADBA ROBOTA..... | 24 |
| SLIKA 18: SCARA ZGRADBA ROBOTA | 24 |
| SLIKA 19: KOMBINIRANA ZGRADBA ROBOTA..... | 25 |
| SLIKA 20: KOTNO ROBOTSKO PRIJEMALO | 26 |
| SLIKA 21: VZPOREDNO PRIJEMALO | 26 |
| SLIKA 22: PNEVMATSKO PRIJEMALO..... | 27 |
| SLIKA 23: HIDRAVLIČNO PRIJEMALO | 28 |
| SLIKA 24: ELEKTROMEHANSKO PRIJEMALO | 28 |
| SLIKA 25: POINT TO POINT GIBANJE..... | 31 |
| SLIKA 26: LINEARNO GIBANJE..... | 32 |
| SLIKA 27: KROŽNO GIBANJE | 32 |
| SLIKA 28: ROBOTSKA CELICA | 33 |
| SLIKA 29: SIMULACIJA V KUKA SIM PRO..... | 34 |
| SLIKA 30: ROBOTSKO PRIJEMALO..... | 35 |
| SLIKA 31: 3D MODELA V PRO ENGINEER-JU..... | 36 |
| SLIKA 32: DELAVNIŠKA RISBA V PRO ENGINEER-JU | 37 |
| SLIKA 33: OSNOVNA PALETA | 38 |
| SLIKA 34: KONTROLNA PLOŠČA ZA VODENJE TRAKU IN ROBOTA S FREKVENČNIM REGULATORJEM | 39 |
| SLIKA 35: TEACH BY SHOW KONZOLA | 42 |
| SLIKA 36: SENZORJI NA USTAVLJALNI RAMPI | 43 |
| SLIKA 37: USTAVLJALNA RAMPA S SENZORJI | 44 |
| SLIKA 38: VARNOSTNI SKENER SICK | 44 |

KAZALO TABEL

| | |
|---------------------------------|----|
| TABELA 1: HITROSTI ROBOTA..... | 21 |
| TABELA 2: SILE ROBOTA | 21 |
| TABELA 3: STROŠKI | 37 |
| TABELA 4: DELOVANJE ROBOTA..... | 45 |
| TABELA 5: REZULTATI DELA | 46 |

1 UVOD

V tej raziskovalni nalogi bomo predstavili optimizacijo programskega modula pri robotu KR5 sixx R650WP, v tem primeru pri paletizaciji. Ustvarili smo svoj program za paletizacijo, pri katerem smo raziskali možnosti pospešitve in večje natančnosti robota pri delu. Z velikim številom poskusnih programov in testov smo našli najboljšo različico programa, ki je ustrezala našim zahtevam za hitrost in natančnost. Naš cilj je doseči zanesljivost in hitrost robota, ki bi lahko popolnoma nadomestil enega ali dva delavca oz. proizvodnjo še pospešil. Robot na delovnem mestu lahko reši velik del problematike, ki pri nastane človeškem faktorju, na primer: nenatančnost, nezanesljivost. Ustvari pa tudi manjši strošek, saj za delo paletizacije potrebujemo najmanj tri delavce za celodnevni delovnik. Poleg tega pa robot obratuje 24 ur na dan, z minimalnim vzdrževanjem in servisiranjem, ki ga lahko opravlja samo en človek.

Pri raziskovanju smo morali rešiti veliko težav, ki so nam jih predstavljali predvsem senzorji (induktivni in kapacitivni), sinhronizacija robota in tekočega traku ter priključitev varnostnega skenerja (SICK). Med izdelavo in programiranjem smo se soočili tudi s simulacijo, ki smo jo naredili v programu Kuka Sim Pro, ter izdelavo prijemala in zaviralne rampe na tekočem traku.

2 IDEJA IN SOOČENJE S PROBLEMOM

Osnovno idejo tega projekta nam je predstavil profesor pri uri projektne delo v stroki. Kmalu smo ugotovili, da sta paletizacija in optimizacija robotov, ki to nalogo opravljajo, še precej nerazvita, zato smo se odločili, da bomo svojo raziskovalno nalogo posvetili izboljšanju robotskih programov za opravljanje teh dolgočasnih in monotonih del. Ker ta problem dobro poznamo, smo hitro zbrali ideje, kako bi robota programske izboljšali ter delo opravili kvalitetnejše in hitreje z manjšim trudom in številom delavcev. Na podlagi naših izračunov smo ugotovili, da je robot v proizvodnji skoraj trikrat manjši finančni zalogaj kot delavci in kmalu povrne kupno vrednost.

2.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Za raziskovanje smo se odločili predvsem zaradi morebitnih težav, ki lahko nastanejo pri človeški delovni sili: monotonost dela, prevelike fizične obremenitve, možnost poškodb itd. Razlika med delom robota in človeka je občutna. Človek se mora za vsak premik predmeta s tekočega traku skloniti, predmet prijeti, ga dvigniti, pri čemer se mora včasih precej potruditi, saj določeni izdelki niso lahki. Nato mora do palete oditi, se prikloniti, izdelek odložiti in vzporedno zložiti, v tem času pa mu po tekočem traku že pride nov izdelek in delavec mora vnovič ponoviti iste poteze. To pomeni, da se ob tem precej utruji in iz česar lahko sklepamo, da bo njegovo delo vedno bolj nenatančno oziroma površno, za kar pa lahko podjetje plača visoko ceno. V nasprotju s tem lahko robot dela neprekinjeno, brez večjih naporov, brez raznih izostankov z dela in brez bolniških odsotnosti. Poleg tega je seveda veliko natančnejši, zanesljivejši, predvsem pa ima večji izkoristek delovnega časa. Brez težav deluje tudi v zahtevnejših delovnih razmerah, kot je na primer komora za barvanje avtomobilov ali podobno, kjer je lahko okolje za človeka škodljivo. Čeprav se nam na začetku robot zdi razmeroma drag za nakup in vzdrževanje, lahko iz zgornjih argumentov razberemo, da to ne drži. Nakup robota se nam izplača že po maksimalno dveh letih. Glede na to, da lahko ob rednem vzdrževanju in neprekinjenem delu robot zdrži tudi po dve desetletji, če ne še kakšno leto več, je odgovor o učinkovitosti jasen. Z raziskovanjem optimizacije robota, smo ta, že tako zelo dober učinek, hoteli še nadgraditi - s pospešitvijo njegovega delovanja in izboljšanjem njegove natančnosti.

2.2 HIPOTEZA

S pomočjo podatkov o izgubah v podjetjih smo postavili hipotezo naše raziskovalne naloge:

- robot je hitrejši in natančnejši od človeka na delu,
- vgraditev robota je ekonomsko upravičena,
- delovanje robota je varno.



Slika 1: Paletizacijski robot

2.3 RAZISKOVALNE METODE

Za raziskovalno delo smo uporabili več različnih raziskovalnih metod. Začeli smo s študiranjem strokovne literature, s katero smo si pomagali tudi skozi celotno delo. Na osnovi pridobljenih informacij ter s pomočjo znanja, pridobljenega v preteklih štirih letih, smo najprej s simulacijo in kasneje z robotsko aplikacijo raziskali tudi vse podrobnosti, logične zanke in vse možne napake, ki se pri tej aplikaciji lahko zgodijo. Konkreten primer aplikacije, ki smo ga naredili, je ločevanje kovinskih in plastičnih valjastih izdelkov s pomočjo robota KUKA sixx R650WP, kontrolerja KCP2, tekočega traku, dveh prijemal, rezkanih s pomočjo CNC-stroja, ter induktivnega in kapacitivnega senzorja.

Kot je že zgoraj omenjeno, smo si morali sami izdelati prijemalo za robota, saj s pomočjo že narejenih in pritrjenih na robota naših plastičnih in kovinskih valjastih izdelkov nismo mogli prijete. Tako smo najprej s pomočjo Pro ENGINEER-ja skonstruirali prijemalo. Postopek izdelave bo v nadaljevanju raziskovalne naloge tudi opisan. Nato smo ga pri uri tehničnega komuniciranja prenesli na CNC-stroj ter izrezkali dve prijemali.

Uporabili smo tudi program KUKA Sim Pro, ki nam omogoča konstruiranje simulacij za aplikacije robotov. Na ta način je mogoče že na računalniku odkriti morebitne napake. V primeru, da poskus s simulacijo pred delom z robotom ne bi bil mogoč, bi lahko prišlo do poškodb stroja ali koga od nas.

3 TEORETIČNI DEL

3.1 ZGODOVINA ROBOTA

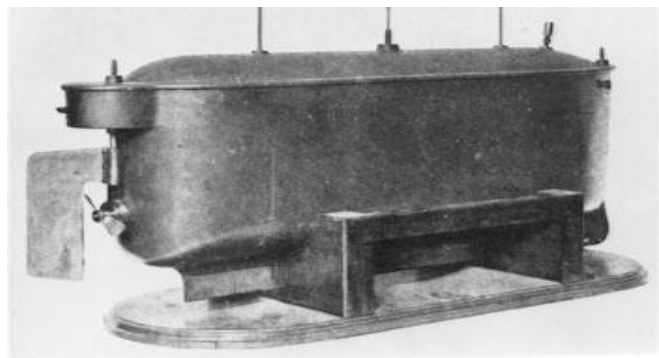
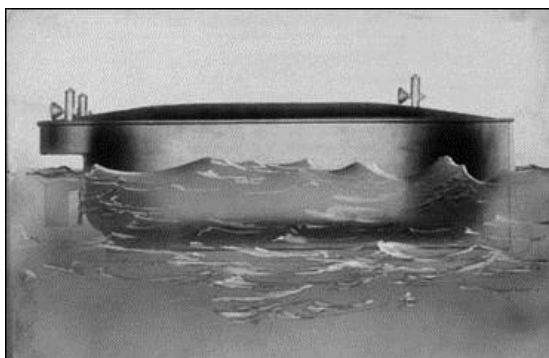
Beseda robot je stara nekaj manj kot 100 let, saj si jo je izmislil češki umetnik oz. avtor znanstvene fantastike Karel Čapek. Uporabil jo je v eni izmed svojih dram z naslovom »Rossumovi univerzalni roboti«. Beseda robot v češčini pomeni suženj oziroma delo. Seveda Čapek takrat ni niti pomislil, da se bo t. i. robot tako razvil in da bo človeku pomagal na toliko različnih možnih načinov.

Prvi načrti robota segajo že v leto 1495 in so delo znanega izumitelja Leonarda da Vincija.



Slika 2: Da Vincijev robot

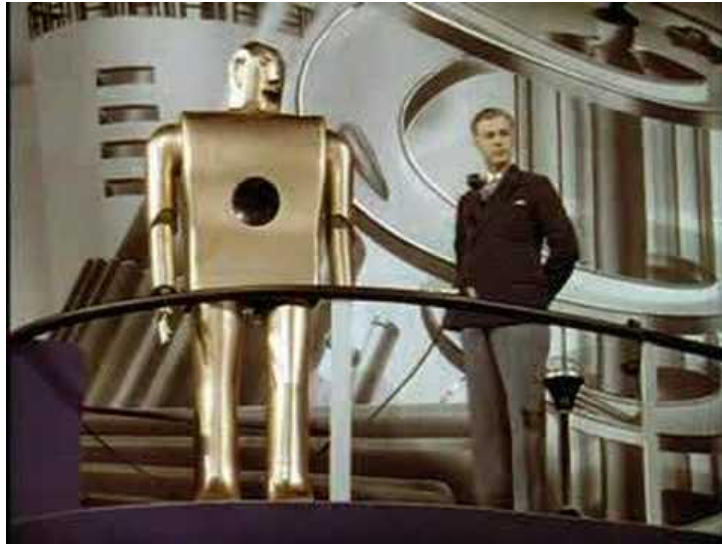
Naslednji večji izum na področju robotike je bilo daljinsko vodeno podvodno plovilo Nikole Tesla.



Slika 3: Daljinsko vodeno podvodno plovilo

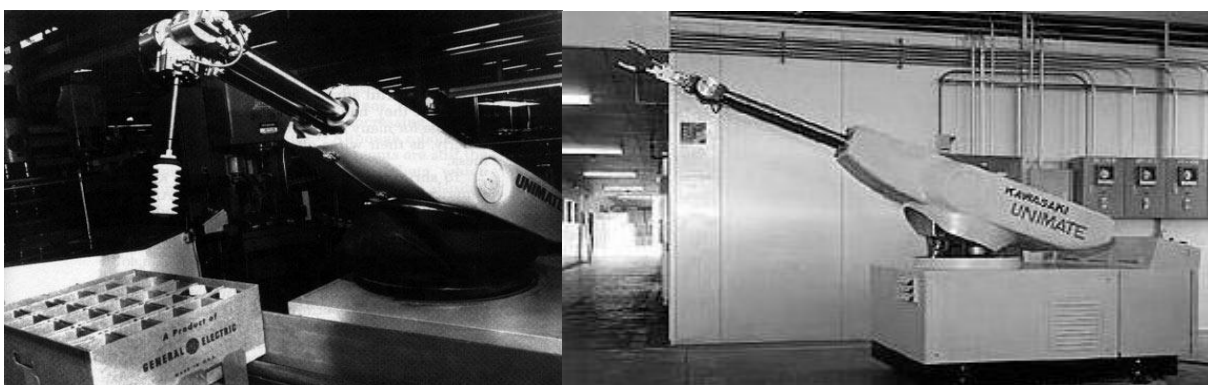
Raziskovalna naloga – Optimizacija robota

Robotika se je razvijala še naprej in se vedno bolj približevala današnji. Naslednji mejnik na področju robotike je bil izum človeku podobnega električnega robota, ki je lahko hodil in celo že govoril.



Slika 4: The Humanoid

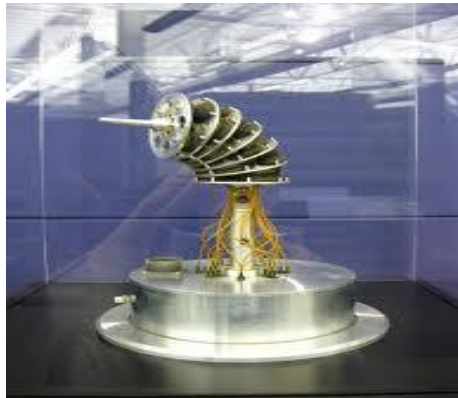
Z letom 1961 pa je robotika obrnila nov list v zgodovini. Izum prvega industrijskega robota je bil neke vrste revolucija na področju robotov. Znani izumitelj George Devol je robota patentiral že v letu 1954 in ga poimenoval »The Unimate«. Ta robot je bil prvič uporabljen na sestavljalni liniji avtomobilskega proizvajalca General Motors v ameriški zvezdni državi New Jersey.



Slika 5: The Unimate

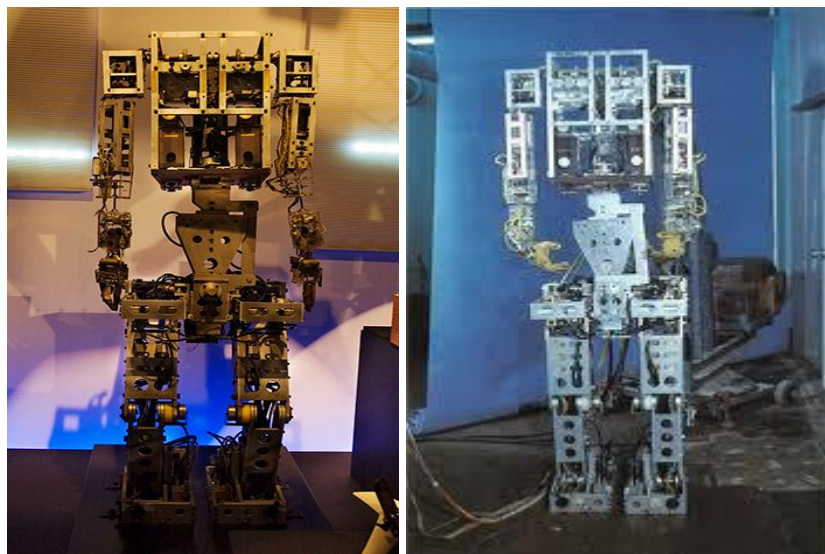
Raziskovalna naloga – Optimizacija robota

Sledil je še en velik vzpon robotike, saj sta leta 1965 Victor Scheinman in Larry Leifer razvila »ORM«. To je bil prvi robot, ki je deloval na zračni pogon.



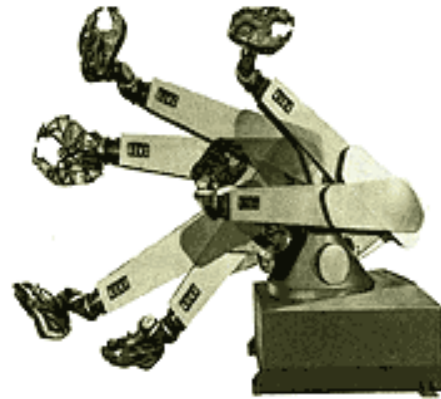
Slika 6: Pnevmatiski robot "ORM"

Nato je sledilo leto 1973 in razvoj prvega antropomorfnega robota za zabavo. Razvil ga je japonski izumitelj Ichiro Kato. Robot je imel nemalo sposobnosti: lahko je hodil, njegov um je bil razvit kot pri poldrugo leto starem otroku, lahko se je pogovarjal.



Slika 7: Prvi antropomorfni robot

Še istega leta je podjetje KUKA razvilo enega pomembnejših robotov - prvi industrijski elektromagnetni robot s šestimi osmi, ki se je imenoval »Famulus«.



Slika 8: Robot "Famulus"

Naslednji pomembnejši korak pri razvoju robotike je sledil leta 1981, ko so razvili prvi SCARA (»Selective Compliant Assembly Robot Arm« ali »Selective Compliant Articulated Robot Arm«). Z razvojem čisto novega sistema, oblike in delovanja robota Sankya Seikija je svetovna robotika naredila še korak dlje, saj je ta robot precej pospešil sestavljalni del proizvodnje.

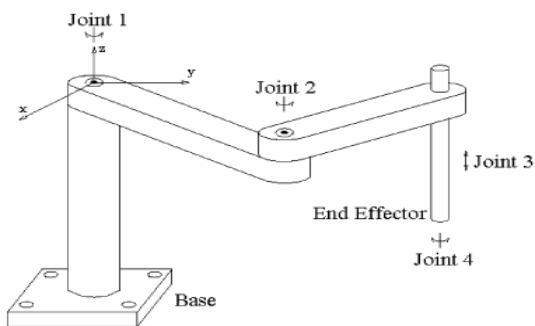


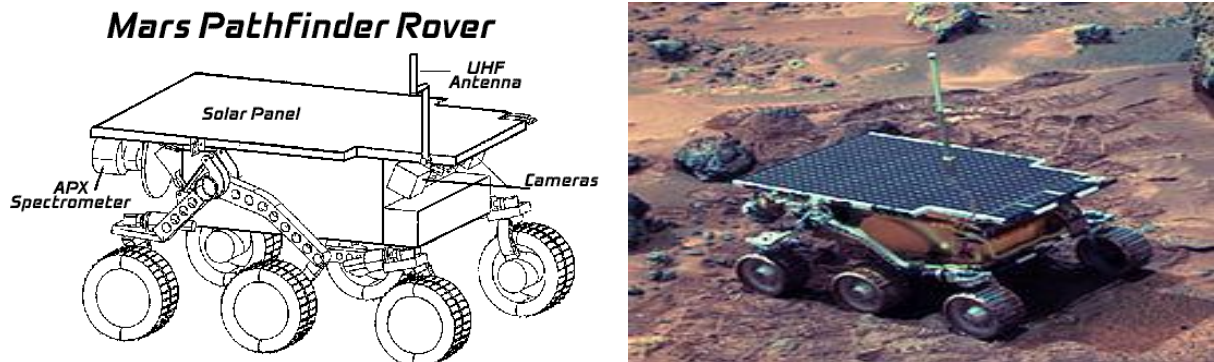
Figure 5. SCARA - Selective Compliance Assembly Robot Arm.



Slika 9: "SCARA" robot

Vzporedno z razvojem čedalje boljših in čedalje zmogljivejših industrijskih robotov pa je tudi NASA veliko delala za to, da bi lahko na Mars poslala dovolj zmogljivega robota za opravljanje zadanih raziskovalnih nalog. Tako je leta 1997 Mars Pathfinder razvil robota z imenom »Sojourner«. To je bil prvi polsamostojni robot, ki je bil sposoben za misijo na

Marsu, kjer je moral biti pripravljen na trimesečno delovanje, energijo pa si je pridobival s pomočjo sončnih celic.



Slika 10: Robotsko vozilo "Sojourner"

3.2 VZROKI RAZVOJA ROBOTIZACIJE

Med seboj povezanih vzrokov za množični razvoj robotizacije je veliko in v glavnem se delijo na tri različne podskupine:

1. **Ekonomski vzroki** uvajanje robotizacije so:

- racionalizacija, kar pomeni večji uspeh v boju s konkurenco,
- večji zaslužek, saj je produktivnost in natančnost robota veliko večja od človeške,
- krajša amortizacijska doba oziroma doba prilagodljivosti,
- pomanjkanje usposobljenih delavcev,
- nižanje produkcijskih stroškov,
- večja rentabilnost.

2. **Tehnični vzroki** uvajanja robotizacije so:

- večja kvaliteta in natančnost izdelka,
- enakomerna in konstantna hitrost dela,
- večja zanesljivost delovanja,
- ergonomija – omogoča dolgotrajno delo in prenaša velika bremena,
- večja zadostitev tehničnih zahtev kot pri človeku,
- prilagodljivost – hitro spreminjanje izdelkov, prilagajanje programov.

3. **Sociološki vzroki** uvajanja robotizacije so:

- neprimerno okolje za delovanje človeka, kot so npr. vročina, strupi, umazanija ipd.,
- večanje življenjskega standarda s tem, ko človeku ni potrebno opravljati monotonih del,
- strožja zakonodaja, ki določa večjo varnost človeka na delovnem mestu,
- povečanje varnostnih ukrepov.

3.3 TRIJE ZAKONI ROBOTIKE PO ISAACU ASIMOVU

Že takoj s pojavom robotike pa so se pojavili zakoni, ki jih morajo roboti upoštevati oziroma se morajo po njih ravnati. Zakoni so napisani zaradi človeške varnosti, saj robot, kljub že vnaprej napisanemu programu, ne sme poškodovati ljudi okoli sebe ali samega sebe.

Zakoni se glasijo:

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-ta kršila zakon.
3. Robot mora ščititi svoj obstoj, razen če bi to kršilo prvi ali drugi zakon.

4 ROBOTSKA PALETIZACIJA

4.1 PALETIZACIJA

Paletizacija je v podjetju z večjo proizvodnjo zelo pomemben faktor, saj mora biti postopek vedno dovolj hiter, da lahko izdelke ali polizdelke sproti zloga na katerokoli paletu, ne glede na velikost in obliko. Paleta je namenska podlaga, največkrat lesena ali plastična, na katero po ustaljenih pravilih zlagamo izdelke, kot so: škatle, vreče, surovi izdelki, zaboji in vreče. Prvotni namen paletizacije je razbremenitev in zmanjševanje monotonih del, kakor tudi pospešitev in izboljšanje proizvodnje. Palete se uporabljajo v transportnih, skladiščnih, proizvodnih, distribucijskih postopkih in pri vseh teh paletizacija močno vpliva na racionalizacijo ter zmanjševanje stroškov.

4.2 RAZVOJ PALETIZACIJE

Paletni sistem se je prvič pojavil v začetku petdesetih let v Združenih državah Amerike. Kmalu se je paletni integralni sistem pojavil tudi v Evropi, kjer so dolgo časa prevladovali Švedska, Švica in Nemčija. Zelo razširjena uporaba paletizacije je posledica mnogih prednosti, ki se odražajo v velikih pozitivnih ekonomskih učinkih. Z razvojem paletizacije se je znatno pospešila hitrost transporta ter nakladanja in razkladanja, zmanjšalo pa se je tudi število poškodb na izdelkih in posledično tudi strošek proizvodnje. Uporaba palet se je najprej pričela v pristaniščih za natovarjanje in raztovarjanje tovora, in sicer na paletah večjih dimenzij, kot jih uporabljamo danes. Prednosti palet pa so se v polni meri izkoristile šele takrat, ko so začele krožiti od proizvajalca do naročnika in obratno. Kmalu so za premike in pretovarjanje palet začeli uporabljati viličarje, ki so hitrost dela še povečali.

4.3 CILJI PALETIZACIJE

Glavni cilj paletizacije je pospešitev transporta surovin in izdelkov, pa tudi lažja manipulacija transportnega tovora in kroženje palet.

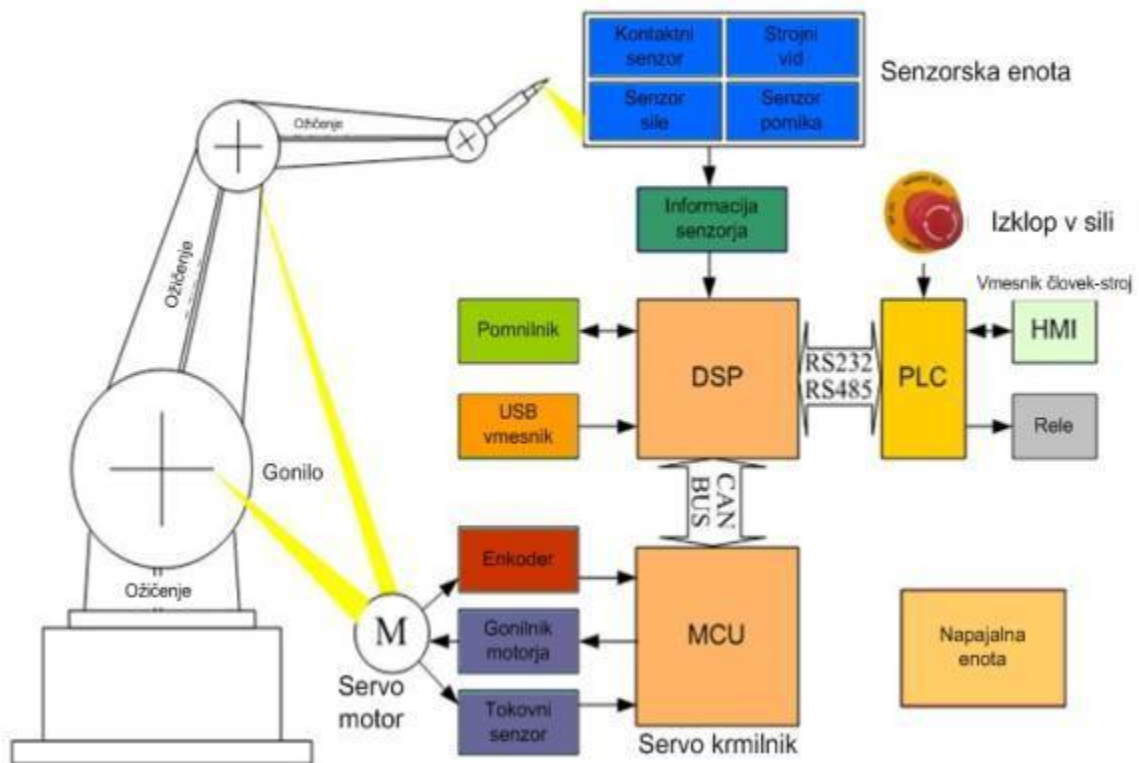
S paletizacijo dosežemo tudi:

- varnost delavcev pri transportu,
- večjo produktivnost,
- manjše stroške,
- večjo izkoriščenost tovarnega in skladiščnega prostora,
- zmanjšanje fizičnega dela med transportom tovora,
- pospeševanje transporta,
- povečanje urejenosti,
- boljši pregled nad tovorom.

4.4 OSNOVNA DELITEV SESTAVE ROBOTA

Zgradba robota sama po sebi sploh ni tako komplicirana, kot se morda na prvi pogled zdi. V osnovi se robot deli na tri področja:

- področje mehanskega dela, kamor spadajo motorji, zavore in segmenti,
- področje informacijskega dela, ki zajema računalnik, krmilnik in sistem vodenja,
- področje senzorjev, kot so senzorji za sile, pospeške, umetni vid, hitrost, pomik ...



Slika 11: Osnovni deli robota

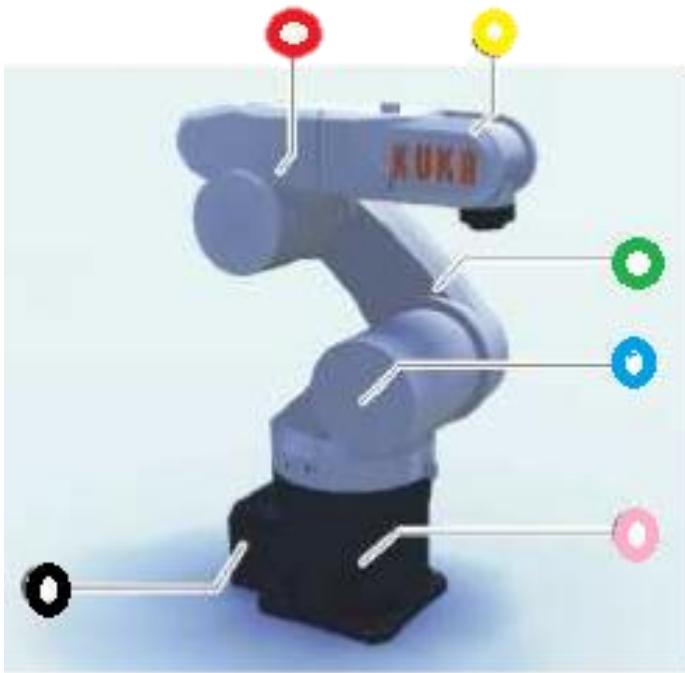
4.5 SPECIFIKACIJE NAŠEGA ROBOTA

V raziskovalni nalogi ima zelo pomembno funkcijo robot, ki zlaga plastične oziroma kovinske valje na pravo mesto. Za opravljanje tega dela mora biti okreten in hiter. Zato smo za ustreznega izbrali robota proizvajalca Kuka iz Nemčije, in sicer njihov model KR 5 sixx R650WP. Ta robot je namenjen nalaganju in razlaganju, sortiranju, pritrjevanju, pakiranju, barvanju, obdelovanju površin, merjenju in testiranju, vstavljanju in montiranju najrazličnejših delov.



Slika 12: KUKA KR5 sixx R650WP

Gre za industrijskega robota, ki ga lahko primerjamo s človeškim telesom. Model je zelo primeren za izbrano nalogo, saj je hiter, tehta pa le 28 kg. Na sliki so najpomembnejši in najosnovnejši deli robota.



Slika 13: Deli robota

Črna = baza robota. Omogoča komunikacijo robota z uporabnikom preko kabla. Če potegnemo vzporednico s človeškim telesom, bi glede na pozicijo ta del označili kot predel pasu.

Modra = vrteči zglob, ki igra vlogo ramena pri človeku.

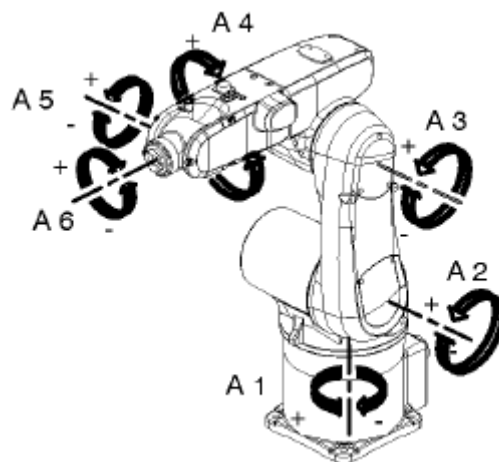
Zelena = povezovalna roka. Primerjamo jo lahko s človeško nadlahtnico, saj povezuje ramo s komolcem.

Rdeča = roka. Ta del povezuje povezovalno roko z linijskim zapestjem

in jo lahko predstavimo kot podlaket našega robota.

Rumena = linijsko zapestje, ki predstavlja zapestje našega robota.

Na naslednji sliki vidimo, kateri deli se lahko vrtijo, v katero smer se vrtijo in kako se imenujejo.



Slika 14: Robotske osi

Vrtljive osi so:

A1 ... omogoča vrtenje okoli x osi.

A2 ... omogoča vrtenje okoli y osi.

A3 ... tudi omogoča vrtenje okoli y osi.

A4 ... omogoča vrtenje okoli z osi.

A5 ... omogoča vrtenje okoli y osi

A6 ... omogoča vrtenje okoli z osi.

Hitrosti, ki jih lahko robot dosega med obratovanjem, najdemo v naslednji tabeli (tabela1). Ob tem je potrebno dodati, da so hitrosti izmerjene, ko je robot obremenjen s 5 kg.

Tabela 1: Hitrosti robota

| | |
|------|--------|
| OS 1 | 375°/s |
| OS 2 | 300°/s |
| OS 3 | 375°/s |
| OS 4 | 410°/s |
| OS 5 | 410°/s |
| OS 6 | 410°/s |

Poznati pa moramo tudi maksimalne sile, ki jih robot v izbrani smeri še zdrži. Najdemo jih v tabeli 2.

Tabela 2: Sile robota

| Smer sile | Velikost sile/momenta |
|---------------------------|-----------------------|
| F_v - vertikalna smer | 1000 N |
| F_h - horizontalna smer | 1050 N |
| M_k - nagibni moment | 1000 Nm |
| M_r - zasučni moment | 1100 Nm |

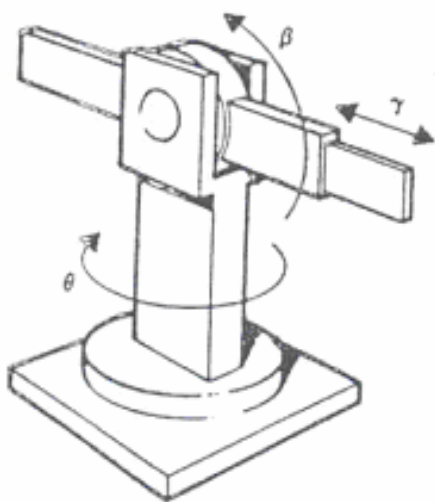
4.6 OSNOVNE VRSTE ROBOTOV

Robotika se je skozi leta hitro in učinkovito razvijala. Rezultat tega je veliko različnih vrst robotov, tako glede na obliko, kot glede na delovanje oziroma uporabo. Načelna delitev robotov je naslednja:

1. Antropomorfni roboti, ki so človeku najbolj podobni roboti,
2. Neantropomorfni roboti, ki imajo obliko strojev in so namenjeni industriji,
3. Lokomocijski roboti, ki pa vsebujejo elemente hoje.

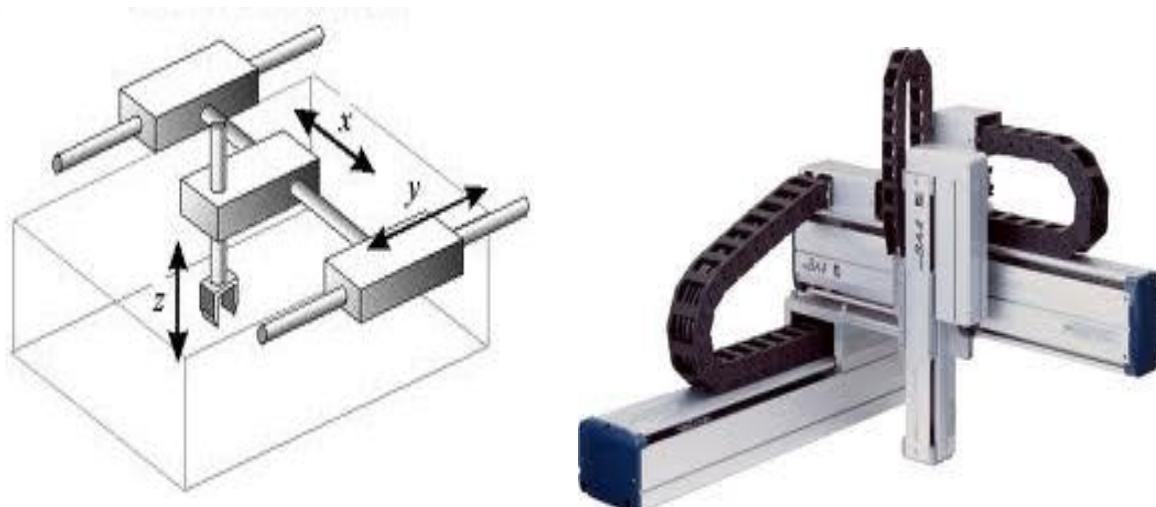
Kot je bilo že prej omenjeno, se roboti delijo tudi glede na obliko oziroma zgradbo:

- **Sferična zgradba robota:** Ena izmed osnovnih zgradb robotov, začetki le-te pa segajo vse do prvega industrijskega robota, ki se je imenoval »Unimate«. Sferični roboti so v osnovi običajno zgrajeni iz dveh rotirajočih se osi in ene translacijske oziroma vodoravne osi.



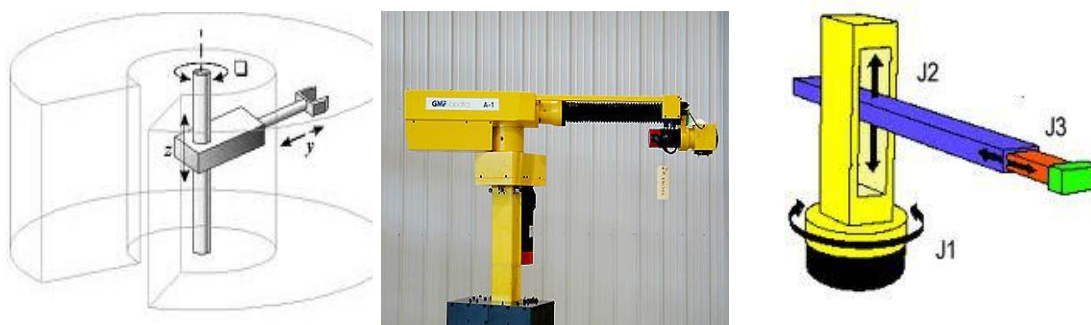
Slika 15: Sferična zgradba robota

- **Kartezična zgradba robota:** Veliko kartezičnih robotov se uporablja za premikanje izdelkov in polizdelkov, na primer iz stroja za brizganje plastike na tekoči trak ipd. Njegovo gibanje teče linearno v treh dimenzijah. Lahko se premika naprej in nazaj oziroma po x osi njegovega koordinatnega sistema, lahko se giblje levo ali desno oziroma po njegovi y osi ali pa se giblje gor ali dol, kar omogoča z os v njegovem koordinatnem sistemu. Poleg tega je možno dodajanje rotacijske osi na vrh robota, kar nam omogoča zasuk izdelka ali polizdelka.



Slika 16: Kartezična zgradba robota

- **Cilindrična zgradba robota:** Cilindrični roboti so zaradi svojega velikega dosega precej uporabni. Njihovo delovno območje ima obliko valja in se lahko skoraj zavrtijo okoli svoje osi. Tudi za cilindrične robote je značilno, da se na vrh robota velikokrat doda neke vrste prijemalo oziroma rotacijska os, ki omogoča lažje prijemanje in premikanje polizdelkov in izdelkov.



Slika 17: Cilindrična zgradba robota

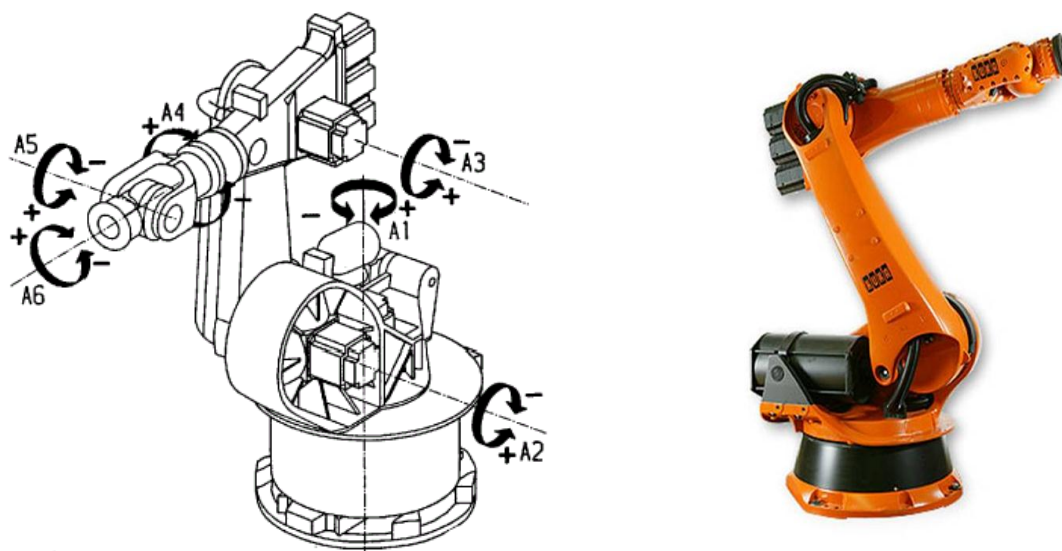
- **SCARA zgradba robota:** SCARA oziroma Selective Compliant Assembly Robot Arm je v večini primerov uporabljen kot sestavljalni robot, kar nam pove že njegovo ime («Assembly»). Robot je sestavljen iz dveh zaporednih vodoravnih oziroma horizontalnih osi in ene navpične oziroma vertikalne osi, ki služi za dviganje in spuščanje robota, zaradi česar lažje dostopamo do obdelovanca. Tudi pri tej vrsti robotov je mogoče dodati še eno dodatno rotacijsko os, ki služi natančnejšemu pozicioniranju izdelkov in polizdelkov, s katerimi upravljamo.



Slika 18: SCARA zgradba robota

- **Kombinirana zgradba robota:** Je najpogostejša, saj je med vsemi najuporabnejša. Zaradi velikega števila osi in dobrega dosega v vse smeri nam omogoča neovirano izdelavo zapletenih izdelkov in polizdelkov. Najpogostejši so 6-osni roboti, s katerimi delamo v šoli in ki se večinoma uporabljajo tudi v industriji. Vodenje teh robotov je sicer malo bolj zapleteno, vendar to ne predstavlja prevelikega problema, saj jih za njihove naloge v industriji sprogramirajo za to usposobljeni strokovnjaki. S konstrukcijo 6-osnega robota so strokovnjaki njegovo delovanje najbolj približali

delovanju oziroma premikanju človeške roke, kar je bil glavni cilj. Moč in natančnost roke ter robota ne moremo primerjati, saj lahko slednji dvignejo tudi do 300 kilogramov, a so pri tem še vseeno na stotinko milimetra natančni.



Slika 19: Kombinirana zgradba robota

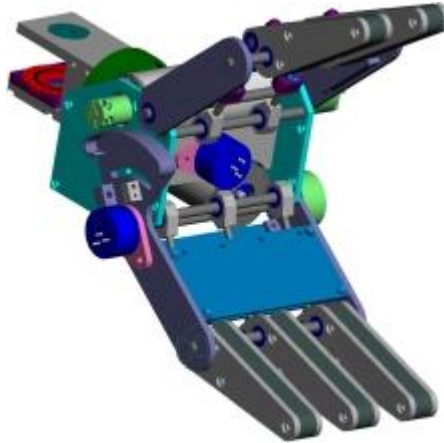
4.7 ROBOTSKA PRIJEMALA

Robotska prijemala so aktivne povezave med prijemalnim organom in zahtevanim predmetom, njihova funkcija pa vključuje:

- ohranitev statičnih in dinamičnih sil,
- določene operacije, opravljene s prijemalom,
- spremembo položaja objekta glede na manipuliranje z opremo,
- orientacijo in začasen vzdrževan določen položaj obdelovanca.

Prijemala se lahko po obliki in načinu delovanja zelo razlikujejo. Čeprav jih lahko z večjim vpenjalnim območjem uporabljamo za več različnih oblik predmeta, morajo biti v veliko primerih oblikovana specifično za svojo nalogo; kot prijemalo na našem robotu za paletizacijo, ki smo ga izdelali sami. Prijemala na splošno delimo glede na obliko in silo. Za vpenjanje objektov poznamo različne načine odpiranja prijemala:

- **Kotna prijemala** delujejo podobno kot prsti na človeški roki, saj imajo zgornji del prijemalnega organa tečajno pritrjen na ohišje, medtem ko se lahko spodnji del s pomočjo premičnega mehanizma zgoraj premika in trdno zgrabi objekt.



Slika 20: Kotno robotsko prijemalo

- **Vzporedna prijemala** se s pomočjo premičnega mehanizma premikajo po ustaljenem tiru, ki je pritrjen na ohišje in skrbi za vzporedno lego prijemalnih organov in pravilen prijem objekta.



Slika 21: Vzporedno prijemalo

4.7.1 VRSTE POGONA PRIJEMAL

- **Pnevmatska**

Pnevmatska prijemala delujejo s pomočjo pnevmatskih cilindrov in stisnjenega zraka, ki jih aktivira. Skupaj s hidravličnimi so najpogosteje uporabljena v avtomatizaciji. Ta prijemala lahko zagotovijo relativno veliko silo glede na svojo velikost in to z minimalnim vzdrževanjem. Poznamo dve različni izvedbi pnevmatskih prijemal:

- bistabilno - delovanje pnevmatskega valja v prijemalu v obe smeri,
- monostabilno - delovanje valja le v eno smer, za vračanje pa poskrbi vzmet.



Slika 22: Pnevmsko prijemalo

- **Hidravlična**

Hidravlična prijemala imajo podoben način delovanja kot pnevmatska, vendar hidravlične cilindre namesto stisnjenga zraka s pomočjo hidravlične črpalke poganja hidravlično olje. Tudi pri hidravličnih prijemalih poznamo monostabilno in bistabilno izvedbo.



Slika 23: Hidravlično prijemalo

- **Elektromehanska**

Elektromehanska prijemala delujejo s pomočjo zobniških ali vretenskih prestavnih razmerij. Poznamo veliko različnih izvedb teh prijemal, čeprav v splošni uporabi niso zelo razširjena.



Slika 24: Elektromehansko prijemalo

Namen uporabe prijema:

- za uporabo v prehrabeni industriji,
- za raziskovalne namene,
- za splošno uporabo,
- za delo na obdelovalnih strojih,
- za potrebe testiranja in učenja.

5 PRAKTIČNI DEL

5.1 PROUČEVANJE ROBOTA ZA PALETIZACIJO

5.1.1 VARNOST

V avtomatizaciji je velik poudarek na varnosti robota, izdelkov in še posebej varnosti delavca, ki z njim upravlja. V robotski celici se uporablja več varnostnih sistemov. Najzanesljivejša je varnostna kletka, ki je postavljena okrog robotske celice, na vhodnih vratih pa je nameščena varnostna ključavnica z zaklepanjem. V celici je velikokrat nameščen tudi varnostni skener (SICK), skupaj z obveznim rdečim gumbom za izklop v sili. Občasno, pri krajših robotskih operacijah, lahko uporabimo tudi dvoročni vklop. Najnovejši roboti imajo vgrajen tudi varnostni mehanizem, ki na ohišju zaznava silo in ob spremembi sile, npr. trku ob osebo, v trenutku ustavi delovanje robota.

Nevarnost pri delu z robotom

Pri upravljanju z robotom obstaja veliko nevarnosti. Najpogosteje se pojavljajo trki, stiski in udari električnega toka. Ko upravljamo robota, moramo biti zelo pazljivi na trke, saj lahko ob nepazljivosti, nepričakovanem gibu robota ali izmetu obdelovanca trči v nas robot ali pa obdelovanec. Med gibanjem robota nas lahko med nenadnim ali nepričakovanim premikom le-ta preseneti in nas stisne ob steno ali kakšno drugo podlago, kar je pri upravljanju prav tako velika nevarnost, ki se ji poskušamo izogniti z učenjem robota izven kletke, v kolikor je to mogoče.

5.1.2 IZVORI NEVARNOSTI

Mehanske nevarnosti

Pojavljajo se pri obdelovancih in ostrih orodjih, ki lahko zadenejo in poškodujejo programerja ali delavca, ki z robotom upravlja. Vzroki za mehanske poškodbe in nevarnosti se pojavijo ob slabem vzdrževanju, prekomernih bremenih, nepazljivosti delavcev in ob obrabi mehanskih delov robota.

Človeške napake

Glavni vzrok za človeške napake in poškodbe je nepazljivost in slabo poznavanje robota, ki lahko vodi do trka ali stiska programerja oz. delavca, ki z robotom upravlja. Ker mora operater med obratovanjem robota zaradi vlaganja in razlaganja obdelovancev večkrat vstopati v njegovo delovno območje, se občutno poveča nevarnost človeške napake in poškodbe.

Napake v krmilju

Nevarnosti se pojavijo, ko je v programu robota napaka, ko pride do motenj v signalih ali pa napačne vezave električnega krmilja oz. pnevmatskega ali hidravličnega podsistema, povezanega z robotom.

Nevarnosti v okolju

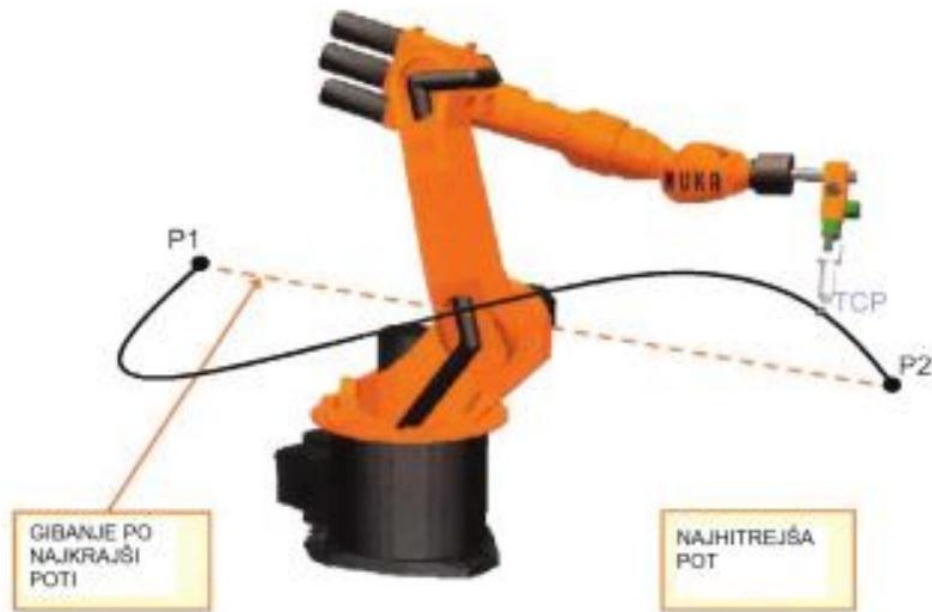
V okolju, kjer robot deluje, se pojavljajo različne nevarnosti, saj lahko med rezkanjem ali varjenjem operaterja zadenejo leteči delci, dodatne nevarnosti pa predstavljajo tudi plini, ki ob tem nastajajo, sevanje, vlaga, prah ali izviri močne svetlobe.

5.1.3 GIBANJE ROBOTA

Robota lahko programiramo oz. učimo s pomočjo učnih enot (kontrolerjev ali teach pendant), s pomočjo računalnika, s katerega kasneje prenesemo program na robota. Poznamo tudi ročno učenje robota. Pri tem postopku imamo na robotu prijemalo, s katerim robota ročno vodimo od točke do točke. Ročno učenje je najbolj razširjeno pri robotih, ki opravljajo ličarska dela. Pri učenju robota poznamo tri osnovna gibanja:

- PTP – point to point

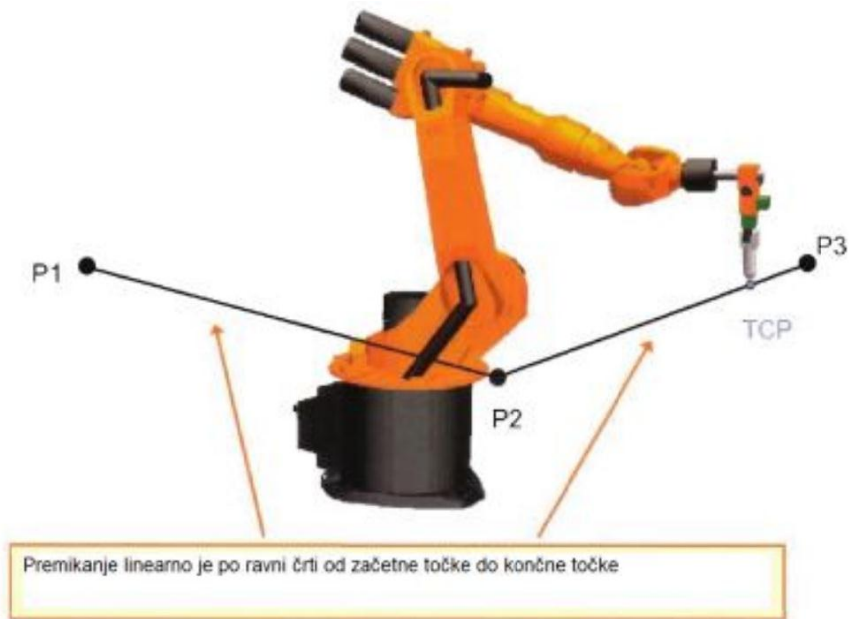
Je najosnovnejše gibanje, saj si robot sam zada najlažjo pot, po kateri se premakne od točke do točke. To gibanje lahko uporabljamo le, ko v delovnem območju robota ni ovir in ni pomembna usmerjenost orodja.



Slika 25: Point to point gibanje

- LIN – linearno gibanje

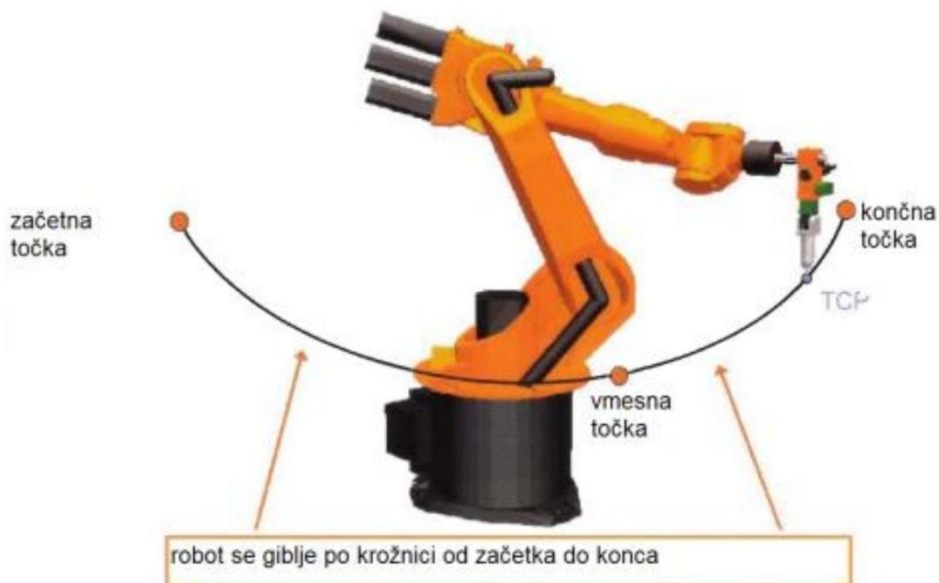
Pri linearnem gibanju robot po ravni liniji potuje do naslednje točke. Linearna pot je za robota tudi najkrajša, vendar ne vedno najlažja. Linearno gibanje je največkrat uporabljeno tudi v našem optimiziranem programu paletizacije.



Slika 26: Linearno gibanje

- CIRC – krožno gibanje

Krožno gibanje se pri robotu uporablja za obdelovanje okroglih obdelovancev, saj mu lahko dodelimo začetno, središčno in končno točko, s pomočjo katerih robot naredi popolno krožnico.



Slika 27: Krožno gibanje

5.2 OPTIMIZACIJA PALETIZACIJE

Če želimo paletizacijo pri robotu optimizirati, moramo poskrbeti za vse dejavnike, ki vplivajo na učinkovitost in hitrost robota. Pričeli smo z načrtovanjem robotske celice in postavitvijo tekočega traku ter podlage za paleto. Objekte v celici smo poskušali čim bolj optimalno postaviti, da so robotu čim bližji in priročni. Ker pa nas je zanimala tudi poraba energije, smo tekoči trak povezali z gibanjem robota in delovanjem induktivnega ter kapacitivnega senzorja, ki sta pritrjena na zaviralni rampi.

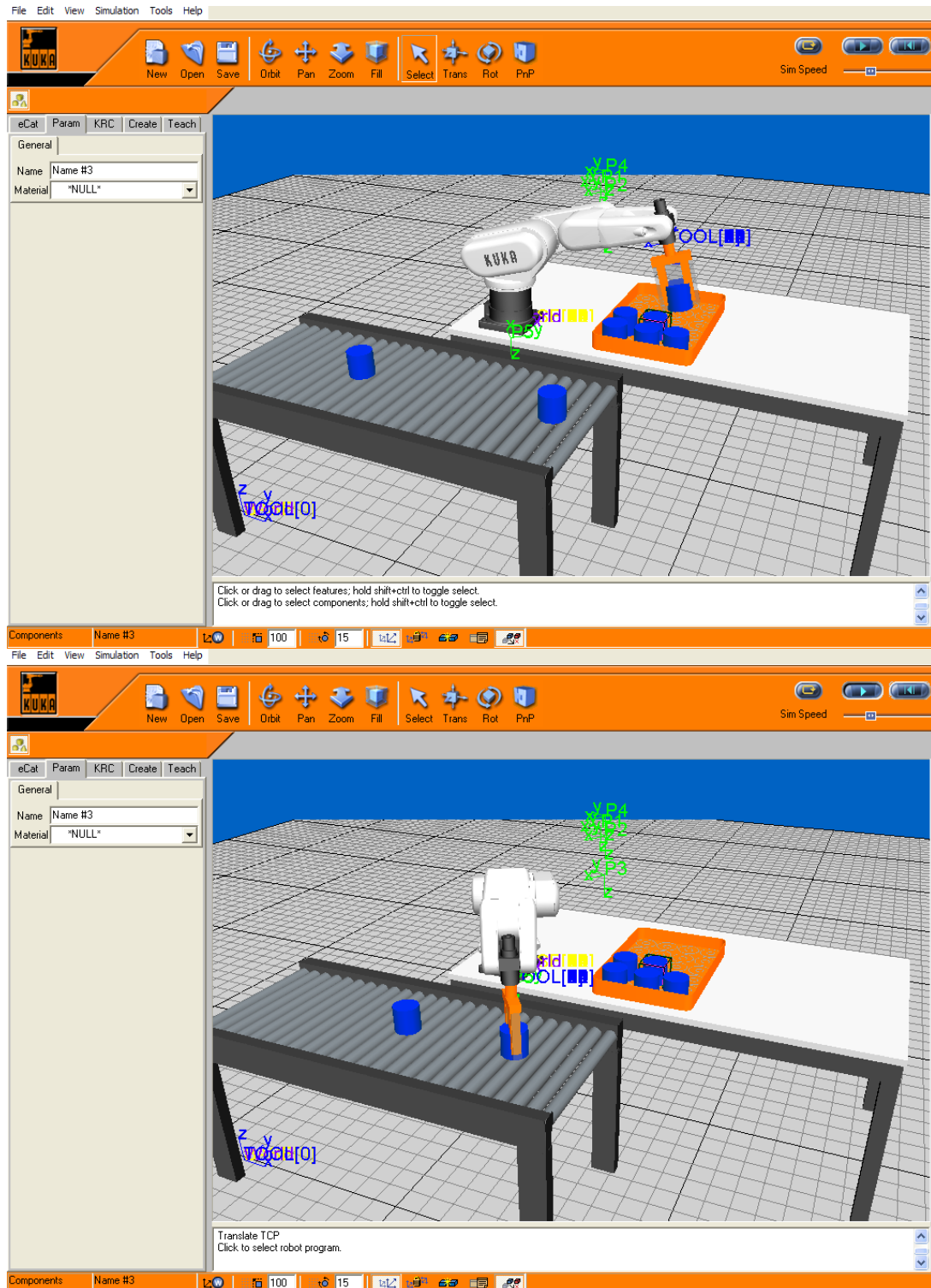
5.3 NAČRTOVANJE IN IZDELOVANJE ROBOTSKE CELICE

S pomočjo simulacijskega orodja KUKA Sim Pro smo celico najprej načrtovali, narisali in nato naredili simulacijo. Ko smo bili z izdelkom zadovoljni, smo začeli celico sestavljati in izdelovati ter povezovati tekoči trak in paleto. Najprej smo pričeli z offline programiranjem. Ugotovili smo, da je najbolje uporabiti gnezdene "if" stavke ter možnost izvajanja podprogramov "case", ki omogočajo hitrejše "odločanje" robota pa tudi izvajanje programa. Ločevanje kovine in plastike smo zasnovali s pomočjo induktivnega senzorja, ki zaznava le kovino, in kapacitivnega senzorja, ki zaznava vse materiale. Težava se je pojavila, ko smo morali senzorja uskladiti, tako da sta delovala istočasno. Robot namreč v enem koraku preverja oba senzorja in se s pomočjo rezultatov, ki jih preko digitalnih vhodov prejme, odloči, kam bo obdelovanec postavil.



Slika 28: Robotska celica

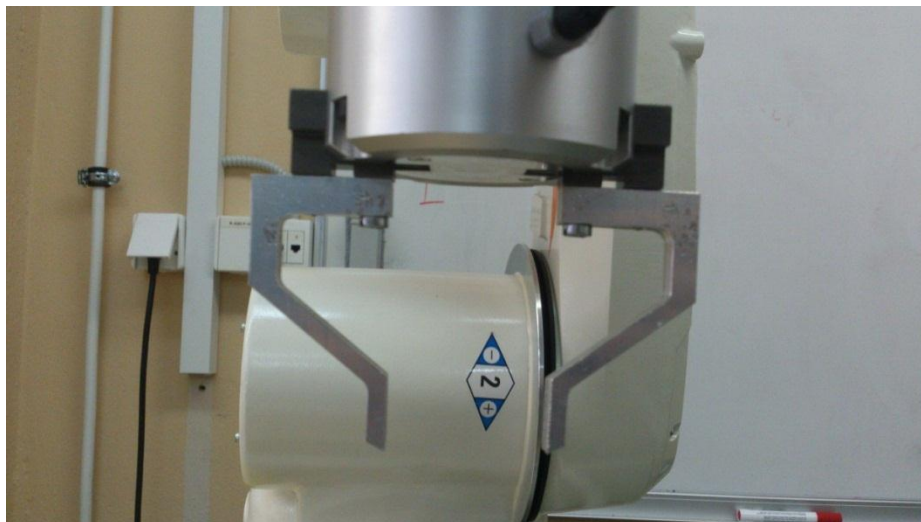
Raziskovalna naloga – Optimizacija robota



Slika 29: Simulacija v KUKA Sim Pro

5.4 KONSTRUIRANJE IN MODELIRANJE

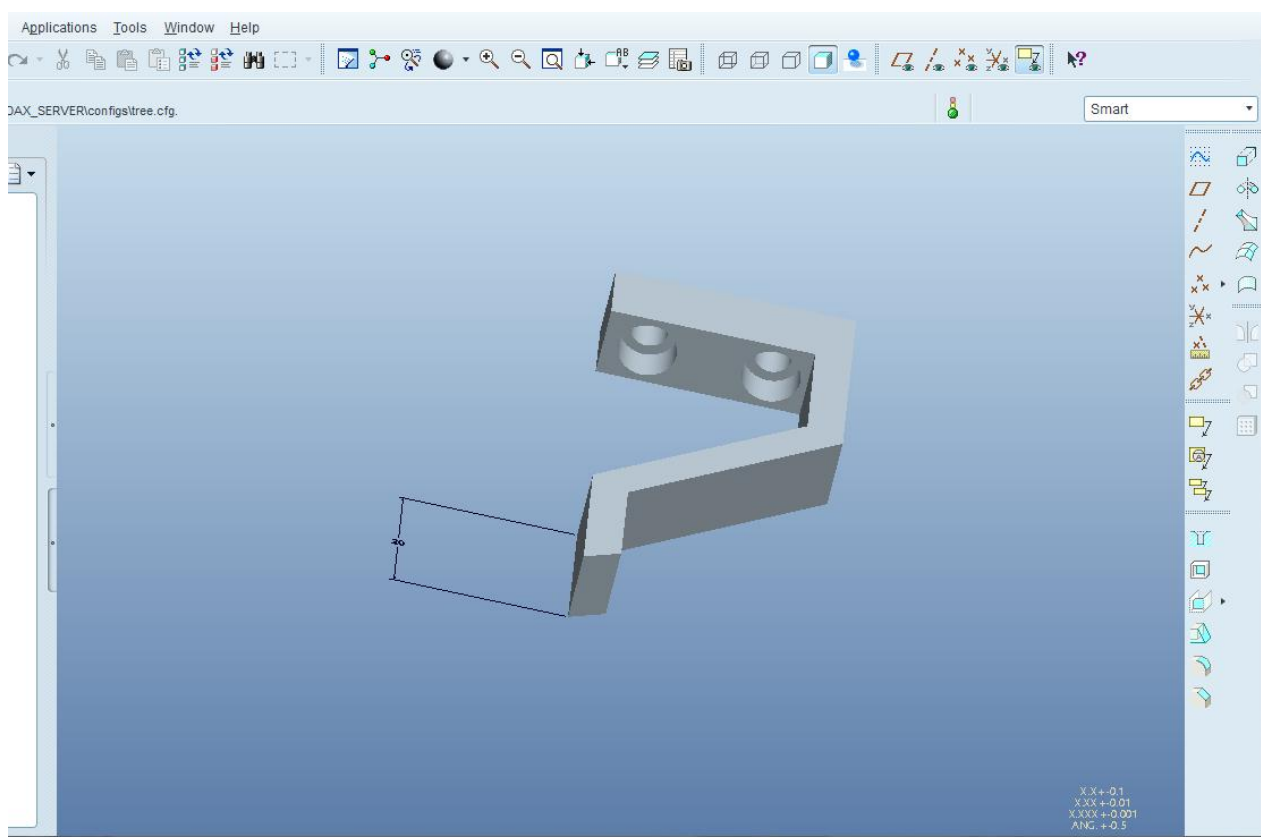
Pri praktični izvedbi našega projekta ni šlo brez konstruiranja novega izdelka, saj smo že ob prvem preizkusu programa naleteli na težavo. Problem se je pojavil, ker robotski prijemale nista bili narejeni po naših merilih. Pri zlaganju naših valjastih polizdelkov na našo pomanjšano paleto je robot normalno postavil prvi izdelek, nato pa je pri zlaganju drugega izdelka s prijemalom nasedel na že odložen prvi polizdelek. Takoj po ugotovljeni napaki smo se lotili raziskovanja vzrokov za nastali problem in iskanja načina za odpravo napake. Pri pregledu vseh delov smo ugotovili, da je prijemalo preveč masivno, z drugimi besedami predebelo za zlaganje naših izdelkov na paleto. Odločili smo se skicirati novo prijemalo in na ta način smo iskali najbolj optimalno rešitev za nastali problem. S preizkušanjem raznovrstnih oblik smo tako rekoč ugibali, kako bi bilo najbolje. Z eno obliko smo bili že tako blizu, da smo jo hoteli prenesti na CNC-stroj in izrezkati dve prijemali, vendar smo še pravi čas ugotovili, da ju ne bi mogli pritrditi na robota. To pomeni, da bi bili prijemali neuporabni, kar bi predstavljalo odvečno delo in potratu denarja. Po tej napaki smo s skupnimi močmi našli odlično rešitev. Skicirali smo prijemali v obliki dveh prstov, ki sta obrnjena drug proti drugemu. Na ta način smo dosegli, da se prijemali ne bosta več zaletavali v že zložene izdelke, poleg tega pa sta v primerjavi z njunimi predhodniki, tudi bolj estetski. Prišli smo do optimalne rešitve, ki je boljša, lepša, kvalitetnejša in kar je najpomembneje, uporabnejša. S tem smo dosegli svoj namen.



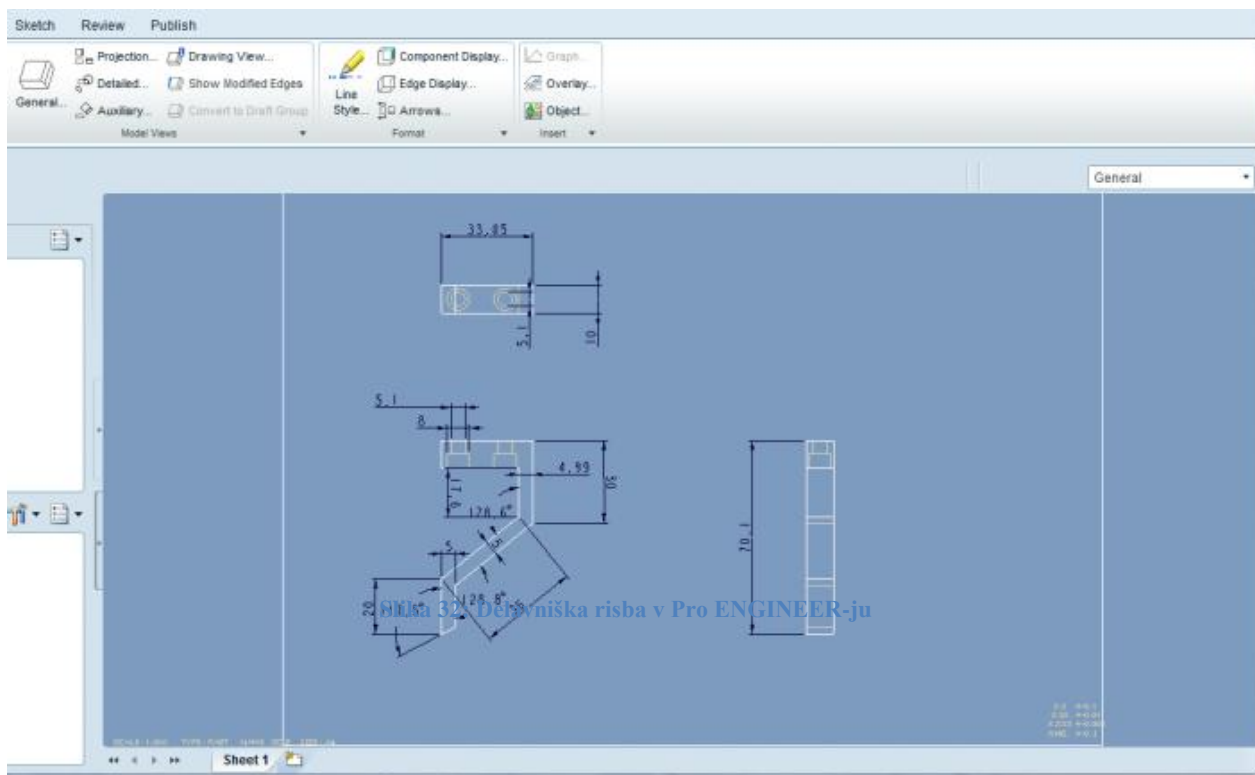
Slika 30: Robotsko prijemalo

5.4.1 KONSTRUIRANJE V PRO ENGINEER-JU

Tako smo z uspešno raziskavo najbolj optimalnih prijemal in z uspešnim skiciranjem prišli do stopnje konstruiranja, ko skico na papirju pretvorimo v tridimenzionalno skico v Pro ENGINEER-ju. Za debelino izdelka smo premerili ustje robota, na katero se prijemalo pritrdi. Iz teh meritev je sledila ugotovitev, da moramo skonstruirati centimeter široko prijemalo, ki se bo točno prilegalo robotu. Poleg tega smo se odločili, da bo prijemalo iz aluminija. Preko računalnika smo pretvorili tridimenzionalno skico v program za rezkanje WinNC. Program smo priredili na debelino in material izdelka ter ga naložili na CNC-stroj. Iz primerne kosa materiala smo tako naredili obe prijemali. Nato se je spet zapletlo. Ob prvi simulaciji je sicer vse lepo delovalo, vendar pa se je po nekaj simulacijah vseeno pojavil nov problem. Ta je izviral iz izbire napačnega materiala, saj sta se prijemali kmalu pričeli zvijati ob prijemu kovinskega izdelka. Morali smo narediti dve novi prijemali, tokrat iz močnejšega materiala. Tako smo izbrali precej močnejše jeklo. Nadaljnje delo je z jeklenima prijemaloma potekalo brezhibno in projekt smo lahko speljali do konca.



Slika 32: 3D modela v Pro Engineer-ju



Slika 32: Delavniška risba v Pro Engineer-ju

5.5 EKONOMSKA UPRAVIČENOST INVESTICIJE

Zelo pomemben dejavnik pri robotski paletizaciji je tudi investicija za njeno uvedbo v proizvodnji ter stroški vzdrževanja. Glede na stroške nakupa in postavitve smo ocenili, da se investicija v podjetju povrne v največ dveh letih od nakupa, saj se z robotsko paletizacijo močno poveča tudi produktivnost in učinkovitost dela. Kot osnovo za izračun časa povrnitve vložka smo uporabili podatek, da je življenjska doba robotske celice okrog 15 let. Investicija v enega robota znaša 25000 €. Tega lahko nadzoruje samo en delavec, kar pomeni dodatnih 1000 € mesečno na enega delavca v izmeni, poraba električne energije v eni uri pa znaša približno 0.70 €. Strošek osnovnega mesečnega vzdrževanja ne presega 50 €. To pomeni, da bi se pri povprečnih izdelkih v proizvodnji gospodinjskih aparatov vložek povrnil v manj kot 16 mesecih.

Tabela 3: Stroški

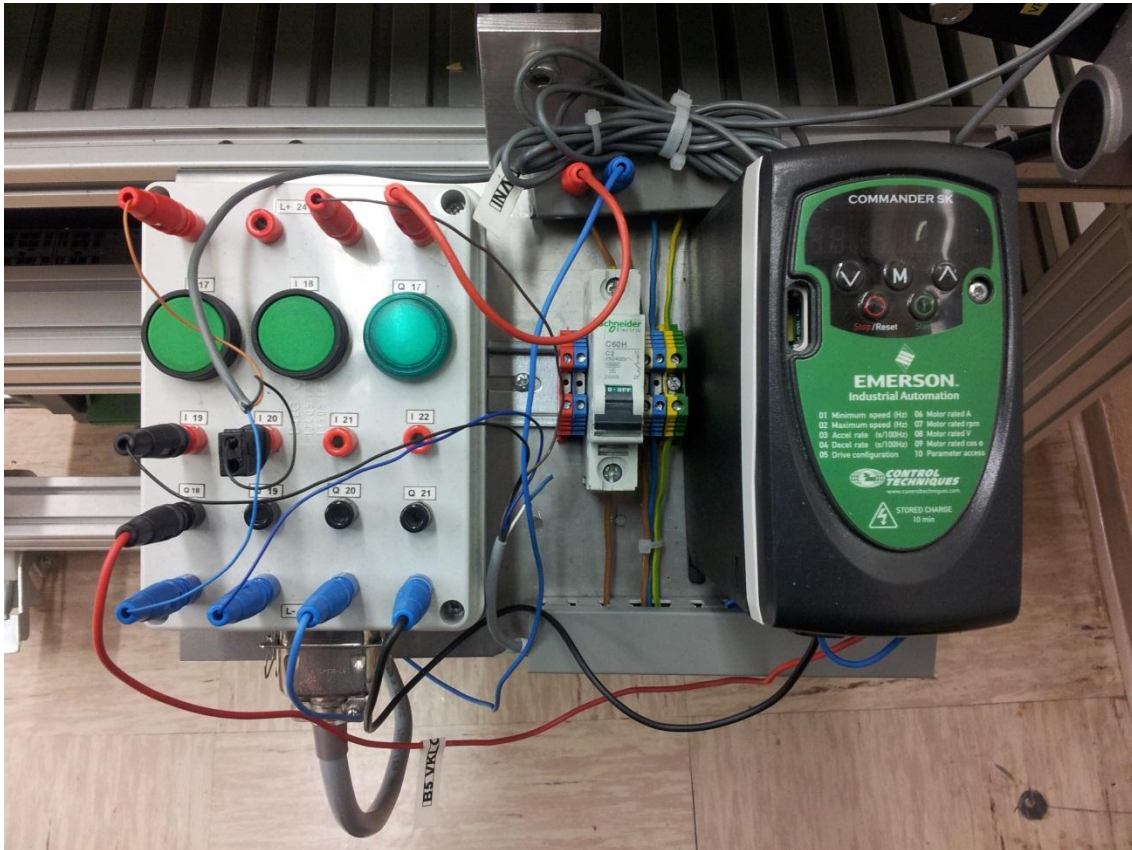
| | |
|---------------------|----------------|
| Robot | Cena 25.000 € |
| Delavec | Mesečno 1000 € |
| Električna energija | Na uro 0.70 € |

5.6 IZVEDBA IN PROGRAMIRANJE APLIKACIJE

Ker smo v raziskovalnem delu splošno raziskali robote in njihove lastnosti ter iskali način, kako optimizirati aplikacijo, smo se odločili, da bomo to izvedli tudi v praksi. Uporabili smo robota KUKA Kr5 sixx in ga s pomočjo kontrolerja KCP2 sprogramirali po prej zastavljenih ciljih ter simulaciji v programu KUKA Sim Pro. Tekoči trak smo povezali na Siemensov ET 200S, ki je preko protokola Ethernet povezan na omrežje, s protokolom Profibus pa vodi krmilnik robota. Tekoči trak ima tudi kontrolno ploščo, s pomočjo katere lahko trak zaženemo in ustavimo. Ko senzorji zaznajo plastične ali kovinske obdelovance, krmilnik trak ustavi in delo avtomatsko nadaljuje robot. Ko robot obdelovanec položi na zeleno točko in se vrne na referenčno točko, krmilnik spet zažene trak, dokler robot ne dobi novega obdelovanca. Če obdelovanca ni ali pa je paleta polna, robot miruje, trak pa se po določenem času ustavi in krmilnik čaka na ponovni pritisk tipke Start. S takšnim vedenjem robota lahko zmanjšamo porabo energije, saj trak ne deluje, če na njem ni obdelovancev. Pustili smo si tudi odprto možnost, da dodamo še drugega robota, ki bi z zdajšnjim komuniciral ter odmikal polne palete, ko bi mu paletizacijski robot sporočil, da je paleta polna in dodajal prazne ter paletizacijskemu robotu sporočil, da je paleta na mestu. Ker smo se odločili, da bomo paletizacijski program izboljšali, smo poskrbeli, da smo uporabili zanke in podprograme, ki jih krmilnik robota najlažje in najhitreje izvaja. Za zlaganje smo definirali podatkovni tip integer, s katerim si robot lahko zapomni, koliko predelov na paleti je že zapolnjenih s plastiko in koliko s kovino.



Slika 33: Osnovna paleta



Slika 34: Kontrolna plošča za vodenje traku in robota s frekvenčnim regulatorjem

6 PROGRAMIRANJE

6.1 PRIMER PROGRAMA

Predstavljamo primer programa, ki smo ga uporabili pri paletizaciji, do prvega podprograma:

```
DEF zlag( )
```

```
int a ; spremenljivka
```

```
int b
```

```
;FOLD INI
```

```
;FOLD BASISTECH INI
```

Raziskovalna naloga – Optimizacija robota

```
GLOBAL INTERRUPT DECL 3 WHEN $STOPMESS==TRUE DO IR_STOPM ( )

INTERRUPT ON 3

a=0 ; zacetna vrednost

b=0

;FOLD PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT;{%PE}%R 5.4.37,%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VPTP,%P 1:PTP,
2:HOME, 3:, 5:100, 7:DEFAULT

$BWDSTART=FALSE

PTP XHOME

WAIT FOR ( $IN[17] )

$OUT[18]=true ; vklop traku

loop; neskoncna zanka

if $in[18]==true then

$OUT[18]=FALSE

ENDIF

if $in[20]==true then

$OUT[18]=FALSE

else

pulse($out[18], true, 10)

endif

if $in[19]==false then ;pogojni stavek za spr. (a)

if $in[20]==true then

a=a+1 ;stevna funkcija za izbiro podprograma

switch a ;funkcija za izbiro podprograma

case 1 ;prvi podprogram v seriji spr. (a)

;FOLD PTP HOME Vel= 100 % DEFAULT;{%PE}%R 5.4.37,%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VPTP,%P 1:PTP,
2:HOME, 3:, 5:100, 7:DEFAULT
```


Raziskovalna naloga – Optimizacija robota

\$BWDSTART=FALSE

PDAT_ACT=PDEFAULT

FDAT_ACT=FHOME

;FOLD CIRC P64 P65 Vel= 0.8 m/s CPDAT44 Tool[1]:ts1 Base[0];%{PE}%R
5.4.37,%MKUKATPBASIS,%CMOVE,%VCIRC,%P 1:CIRC, 2:P64, 3:P65, 4:, 6:0.8, 8:CPDAT44

\$BWDSTART=FALSE

LDAT_ACT=LCPDAT44

FDAT_ACT=FP65

BAS(#CP_PARAMS,0.8)

CIRC XP64, XP65

;ENDFOLD

;ENDFOLD

;FOLD SET GRP 1 State= CLO CONT at START Delay= 0 ms;%{PE}%R
6.0.10,%MKUKATPGRP,%CGRP,%VGRP,%P 2:1, 4:2, 5:#YES, 6:GDAT0, 8:0, 10:0

TRIGGER WHEN DISTANCE=0 DELAY=0 DO H50(GRP_APO,1,2,GCONT) PRIO=-1

\$BWDSTART=FALSE

PDAT_ACT=PDEFAULT

FDAT_ACT=FHOME

BAS(#PTP_PARAMS,100)

\$H_POS=XHOME

PTP XHOME

;ENDFOLD

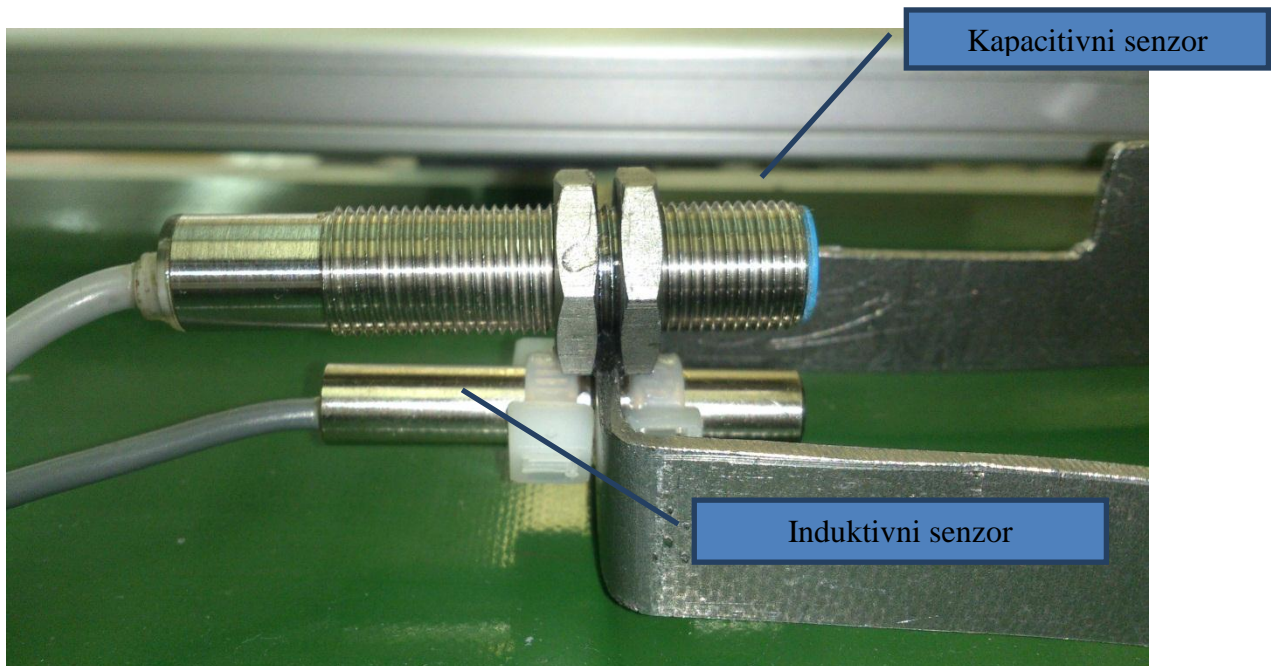


Slika 35: Teach by show konzola

6.2 TEŽAVE PRI PROGRAMIRANJU

Pri programiranju smo naleteli na veliko težav. Pričelo se je s senzorji, saj smo morali dva senzorja različnih občutljivosti uskladiti, tako da sta delovala istočasno, ker robot preverja oba senzorja hkrati in bi drugače lahko prišlo do napake.

Nepravilnosti so se pojavljale tudi s tipko Start, ker od začetka zaradi debounce efekta, ki se pri hitrem pritisku tipke pojavi, ni delovala pravilno, zato smo ji nastavili majhno zakasnitev. Največje preglavice pa nam je povzročal tekoči trak, ki se zaradi pomanjkljivosti v programu ni vedno ustavil in zagnal, ko sta senzorja zaznavala obdelovanec na ustavljalni rampi. Drugih večjih težav pa nam paletizacija in program paletizacije nista povzročala.



Slika 36: Senzorji na ustavljalni rampi



Slika 37: Ustavljalna rampa s senzorji

6.3 VARNOSTNI SCANNER SICK

Na robotu je nameščen varnostni skener podjetja SICK, ki deluje kot zasilni izklop, saj optično prepoznava gibanje v radiju 270° na razdalji 2 m ter z odzivnostjo 80 ms popolnoma zaustavi delovanje robota, kot bi pritisnili tipko za zasilni izklop. Varnosti skenerji so v robotskih celicah zelo uporabni, saj pripomorejo k varnosti in skoraj izničijo možnost trka ali stiska med delovanjem robota. Zaradi senzorja, nameščenega na našem robotu, ki je manjših dimenzij, smo lahko ovrgli postavitev varnostne kletke in omogočili, da je celotna robotska celica na kolesih, kar pripomore k mobilnosti robota.



Slika 38: Varnostni skener SICK

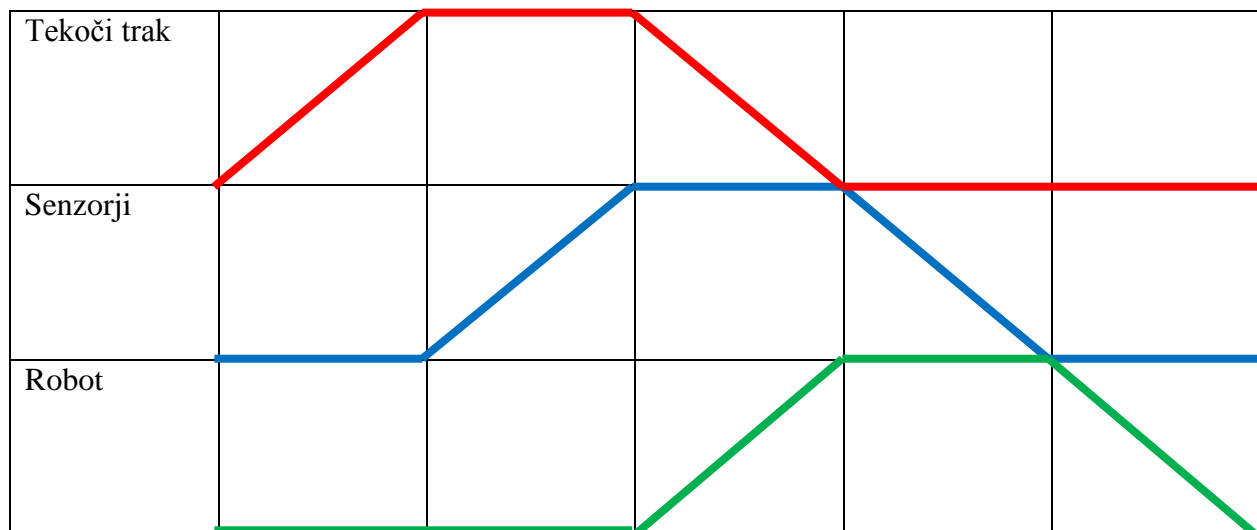


6.4 POVEČEVANJE HITROSTI DELA

Robota smo drastično pospešili že z optimizacijo programa, nato pa smo namesto gibov point-to-point uporabili samo linear in circular, kar je robotu skrajšalo delovno pot in čas cikla presekalo skoraj na pol. Ker smo robotu povečali tudi hitrost, smo naleteli na težavo s prijemalom. Ker ima robot pnevmatsko prijemalo, ima le-to manjšo zakasnitev, ki smo jo morali izničiti s funkcijo WAIT med gibanjem, sicer bi robot obdelovanec prijel le delno in s tem povečal možnost poškodbe delavca.

6.5 DIAGRAM DELOVANJA ROBOTA

Tabela 4: Delovanje robota



7 REZULTAT NAŠEGA DELA

Z rezultati našega dela smo zelo zadovoljni, saj nam je uspelo čas, ki ga robot porabi za delo, skoraj prepoloviti, poleg tega pa smo izboljšali tudi natančnost ter zmanjšali porabo energije ter povečali učinkovitost. Ker je avtomatizacija dandanes velik faktor v proizvodnjah, se zavedamo, da smo vsaj delček tudi sami pripomogli k izboljšanju podjetij.

Tabela 5: Rezultati dela

| | | |
|-------------------------------|---|---------------------------|
| Hitrejši in natančnejši robot | ✓ | Uspešno izvedeno |
| Ekonomska upravičenost | ✓ | Nakup je rentabilen |
| Varnost | ✓ | Robot je primeren za delo |

8 ZAKLJUČEK

Ob raziskovanju, mnogih prebranih knjigah in učbenikih ter velikem številu ur, ki smo jih porabili za izdelavo in testiranje programa, smo pridobili ogromno uporabnega znanja, ki nam bo koristilo pri nadaljnjem šolanju in tudi kasneje v službi.

Ko smo začeli z raziskovalno nalogo, se nam je vse zdelo zelo lahko, dokler se nismo dovolj poglobili in spoznali, da štiriletno srednješolsko znanje ne bo dovolj za naše zahteve. Kmalu smo imeli pred seboj kup knjig in zapiskov, s katerimi smo si pomagali pri raziskavah robotske aplikacije na področju statistike in tehnike.

Med delom smo se zavedli, da se bo avtomatizacija kmalu razširila na skoraj vsa področja, zato moramo storiti vse, da ostanemo v koraku s časom in razvojem ter pripomoremo k napredku robotike v našem življenju. Veseli smo, da smo s svojim delom in raziskovanjem tudi sami v manjšem merilu pripomogli k razvoju in izboljšanju robotskih aplikacij pri nas.

9 ZAHVALA

Želimo se zahvaliti našima mentorjema, mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž., ter Mateju Vebru, univ. dipl. inž., saj sta nam bila vedno v pomoč, ko se nam je delo ustavilo in nismo našli rešitve. Z njunim strokovnim znanjem in spodbudo smo naš projekt in raziskovalno nalogo izpeljali do konca. Radi bi se zahvalili tudi gospe Brigiti Renner, prof., za lektoriranje našega dela.

10 VIRI IN LITERATURA

- [1] BAJD, T.: Robotika. Ljubljana: Založba FE in FRI, Univerza v Ljubljani, 2008.
- [2] BARTENSCHLAGER, J. *Mehatronika*. Ljubljana: Založba Pasadena, 2012.
- [3] KUKA Roboter GmbH. *Advanced robot programming*. Augsburg: 2006.
- [4] MUNIH, M. *Robotika I*, Dinamika in vodenje robotov. Ljubljana: Založba FE in FRI 2002.
- [5] VEBER, M. in GLAMNIK, A. *Robotika*, interno gradivo 2012.
- [6] DISCOVER ROBOTICS PREFORMANCE (online). 2012. (citirano 15. 2. 2013)
Dostopno na naslovu: <http://www.palletizing.com/products/robotic-palletizers>
- [7] HISTORY OF ROBOTS (online). 2013. (citirano 12. 2. 2013) Dostopno na naslovu:
http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_robots
- [8] INDUSTRIJSKA PRIJEMALA (online). 2010. (citirano 17. 2. 2013) Dostopno na
naslovu: http://www.mikron.si/prod_gmg.html
- [9] PALLETIZING ROBOTS (online). 2012-2013. (citirano 25. 2. 2013) Dostopno na
naslovu:
http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/palletizer_robots/
- [10] ROBOT AUTOMATION: PALLETIZING (online). 2013. (citirano 22. 2. 2013)
Dostopno na naslovu: <http://www.robots.com/applications/palletizing>
- [11] ROBOTSKA PRIJEMALA (online). 1992. (citirano 18. 2. 2013) Dostopno na
naslovu: <http://www.proplast.si/slo/prodajni-program/robotska-prijemala-ass-maschinenbau/>
- [12] THE HISTORY OF ROBOTS (online). 2013. (citirano 12. 2. 2013) Dostopno na
naslovu: <http://www.sciencekids.co.nz/sciencefacts/technology/historyofrobotics.html>