

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **STROJNI VID**

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji:

Jan WEICHARDT, M-4. c  
Žak CIMPERMAN, M-4. c  
Žiga ŽUNTER, M-4. c

Mentorja:

mag. Andro GLAMNIK, univ. dipl. inž.  
Matej VEBER, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje  
Celje 2012

## Raziskovalna naloga – Strojni vid

## KAZALO

1	POVZETEK .....	7
2	UVOD .....	9
3	HIPOTEZA .....	11
4	ZGODOVINA STROJNEGA VIDA.....	12
5	OSNOVE STROJNEGA VIDA .....	13
5.1	PODROČJA UPORABE STROJNEGA VIDA.....	13
5.2	POIMENOVANJE – KORAKI, NAČINI, STOPNJE .....	14
5.3	ZAJEMANJE VIDNE INFORMACIJE .....	14
5.4	UPORABA STROJNEGA VIDA .....	15
5.5	EKONOMIJA IN STROJNI VID.....	16
6	NAŠA IZVEDBA STROJNEGA VIDA .....	17
6.1	STROJNA OPREMA .....	17
6.1.1	KAMERA.....	17
6.2	SIEMENS KRMILNIK.....	19
6.3	KUKA KR 5 .....	21
6.4	PROGRAMSKA OPREMA.....	23
7	NAMEN IN CILJI RAZISKOVALNE NALOGE.....	24
8	PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	25
9	IDEJE ZA REŠEVANJE PROBLEMA .....	26
9.1	TRIJE IZDELKI .....	27
9.2	POSTAVITEV KAMERE .....	28
9.3	OZADJE.....	29
10	KONSTRUIRANJE.....	30
10.1	NOSILEC ZA KAMERO .....	30
10.2	NOSILCI IZ BOSCH PROFILOV .....	33
10.3	PODSTAVEK ZA MERJENCE.....	34
10.4	OZADJE.....	35
11	KORAKI PROGRAMA KAMERE .....	37
11.1	ZAJETJE SLIKE .....	37
11.2	KALIBRACIJA SLIKE .....	38
11.3	ISKANJE IZDELKOV NA SLIKI.....	39
11.4	DOLOČITEV STANJA .....	40

12	NAČRTI TER ELEKTRO SHEME .....	41
13	UGOTOVITVE .....	44
13.1	POTRDILI IN OVRGLI SMO NASLEDNJE TEZE:.....	44
13.2	NADGRADNJE .....	44
14	ZAHVALA.....	45
15	VIRI .....	46

**KAZALO SLIK**

SLIKA 1:	KONČNI IZDELEK .....	8
SLIKA 2:	PRVI SEGMENT ZGLOBA .....	9
SLIKA 3:	ZATIČ ZGLOBA.....	10
SLIKA 4:	TRETJI DEL ZGLOBA .....	10
SLIKA 5:	SKICA STROJNEGA VIDA.....	13
SLIKA 6:	SHEMA NAŠEGA SISTEMA .....	15
SLIKA 7:	NI 1742 SMART CAMERA .....	17
SLIKA 8:	LED-OSVETLITEV ZA BOLJŠO KVALITETO SLIKE.....	18
SLIKA 9:	KAMERA Z LED-OSVETLITVIJO .....	18
SLIKA 10:	KRMILNIK SIEMENS 1212C.....	20
SLIKA 11:	SIEMENS KRMILNIK IN TOUCH PANEL.....	20
SLIKA 12:	PREIZKUS ROBOTA.....	21
SLIKA 13:	KUKA KR 5 .....	22
SLIKA 14:	ZAČETNI MENI V PROGRAMU NI VISION BUILDER 2011.....	23
SLIKA 15:	POSTAVITEV KAMERE.....	25
SLIKA 16:	SESTAVLJEN ZGLOB .....	26
SLIKA 17:	POSTAVITEV VSEH TREH POLIZDELKOV .....	27
SLIKA 18:	SLIKA KAMERE .....	27
SLIKA 19:	LEŽEČE POSTAVLJENA KAMERA .....	28
SLIKA 20:	BELO OZADJE, IZDELANO IZ PAPIRJA .....	29
SLIKA 21:	NOSILEC, NA KATEREGA PRIVIJAČIMO KAMERO. ....	30
SLIKA 22:	3D-RISBA NOSILCA KAMERE, NARISANA V PROENGINEER-JU.....	31
SLIKA 23:	MERE NOSILCA KAMERE .....	32
SLIKA 24:	IZDELAVA NOSILCA ZA KAMERO .....	32
SLIKA 25:	V PROENGINEER-JU NARISAN NOSILEC IZ BOSCH PROFILOV .....	33
SLIKA 26:	PREREZ BOSCH PROFILA.....	34
SLIKA 27:	ALUMINIJAST PODSTAVEK ZA SEGMENTE.....	35
SLIKA 28:	OZADJE, PREKRITO Z BELIM PAPIRJEM .....	35
SLIKA 29:	OZADJE .....	36
SLIKA 30:	NASTAVITEV IZVORA SLIKE .....	37
SLIKA 31:	KALIBRACIJA.....	38
SLIKA 32:	RAZVIJANJE PROGRAMA KAMERE .....	38

SLIKA 33:	MERJENJE PREMERA LUKNJE 1. SEGMENTA.....	39
SLIKA 34:	MERJENJE PREMERA LUKNJE 2. SEGMENTA.....	39
SLIKA 35:	MERJENJE DEBELINE ZATIČA .....	39
SLIKA 36:	FAIL ALI PASS GLEDE NA PRAVILNOST IZDELKA .....	40
SLIKA 37:	NASTAVITEV IZHODOV TER VHODOV ZA ODDAJANJE SIGNALOV	40
SLIKA 38:	PLK TER VHODI/IZHODI.....	41
SLIKA 39:	PRIKLOP TEKOČEGA TRAKA NA PLK .....	41
SLIKA 40:	KAMERA TER NAPAJALNA ENOTA .....	42
SLIKA 41:	POVEZAVA KAMERE Z RAČUNALNIKOM.....	42
SLIKA 42:	PRIKLJUČKI NA KRMILNIK .....	43

## 1 Povzetek

Za izdelavo kvalitetnih izdelkov v industriji potrebujemo tudi sistem, s katerim te izdelke pregledamo ter ocenimo, ali so dovolj natančno izdelani. V veliko primerih je za to delo dovolj človeško oko, ko pa so segmenti zahtevnejši ter je potrebna večja natančnost in hitrost, je človeško oko le malokdaj dovolj.

Zato smo se odločili, da izdelamo industrijsko linijo, na kateri sestavljamo 3 delni zglob s pomočjo robota ter vsak segment posebej premerimo, ali je pravih mer za nadaljnjo uporabo.

Naša naloga je bila, da človeško oko, ki bi te izdelke pregledovalo, nadomestimo s kamero in uporabimo v industrijski liniji, ki sestavlja ta zglob.

Raziskovalna naloga opisuje potek dela in vse probleme, s katerimi smo se srečevali pri delu.

### Summary

Machine vision is use of the computer vision in industrial processes. Together with the peripheral units it is connected to a set of automated production lines.

Fields of application are: locating (determining the position of the coordinates), recognition, identification, measuring and testing dimensions and location, command and control (perception of moving objects, their location, speed and direction of motion.), reviewing the observed structures within the tolerances and in accordance with the standards.

In our project work we decided to use the system to capture and convert visual information into digital format (National Instruments Ni1742 smart camera). We also need system for proper and optimal lighting (LED lamp) and a computer system with appropriate hardware and software for optical control and processing of the product. In our case we chose the Vision Builder program, which is compatible with the 1742 Smart camera.

Once the program will read the dimensions and identify the product, the robotic arm will grab the product and move it forward to the next step.



Slika 1: *Končni izdelek*

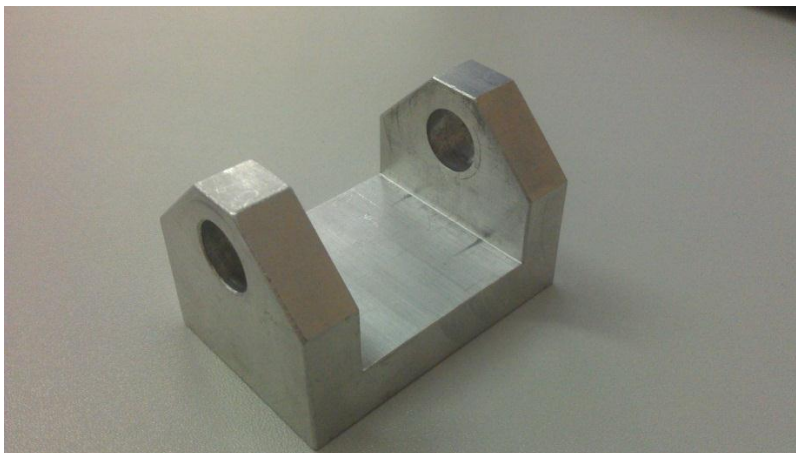


## 2 Uvod

Natančnost je v industriji eden največjih problemov, zato smo se odločili, da združimo moči ter izdelamo in raziščemo aplikacijo industrijske linije, ki bo segmente zgloba preverila in nato še sestavila ter zložila na paleto.

Cilj našega strojnega vida je, da bo prvi robot vzel vse tri dele zgloba ter jih zložil na ploščad, kjer jih bo kamera slikala in preverila luknje ter premer zatiča. To mora narediti čim natančneje ter izpostaviti nepravilnosti, kot so prevelik zatič, premajhne luknje ali celo nedokončan segment. Delo bo nadaljeval drugi robot druge skupine in zglob preprosto sestavil, saj bodo segmenti preverjeni. V primeru, da teh segmentov ne bi preverjali, obstaja možnost, da se vmeša kakšen nedokončan ali ponesrečen segment zgloba, kar bi pomenilo, da bi v naslednjih korakih nekaj poškodovali. Ob končanem sestavljanju bo drugi robot sestavljeni segment oddal na tekoči trak, le-ta bo zglob pripeljal do prvega robota, ki ga bo zložil na paleto.

Industrijska linija mora iz treh delov, ki jih vstavimo v stroj, narediti en sestavljeni del, ki ga lahko vzamemo iz stroja po končanem delu. Takšna linija je v industriji zelo pogosta, čeprav ne v točno takšni obliki.

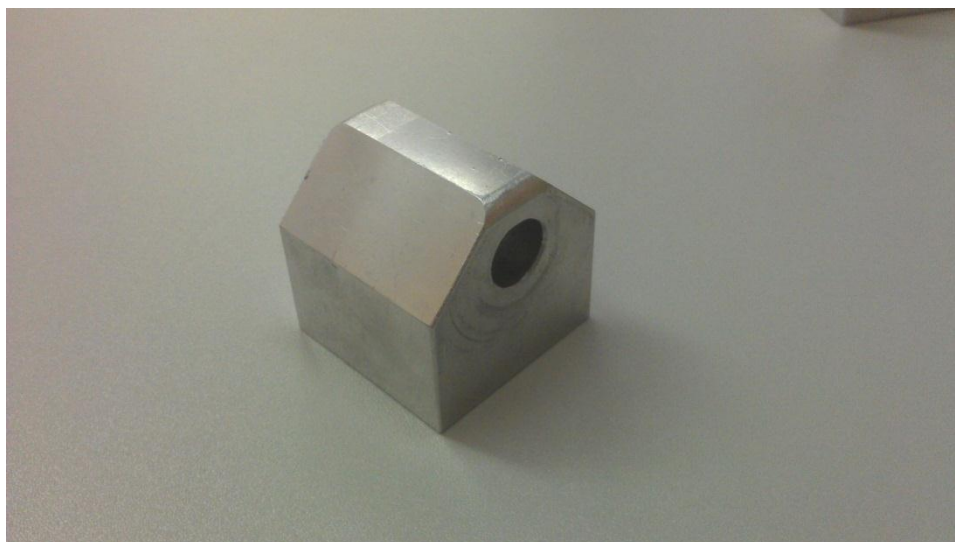


Slika 2: Prvi segment zgloba

Raziskovalna naloga – Strojni vid



Slika 3: Zatič zgloba



Slika 4: Tretji del zgloba

### 3 Hipoteza

V raziskovalni nalogi želimo raziskati delovanje strojnega vida in narediti industrijsko linijo, ki bo delovala brez človeške pomoči in z dovolj veliko natančnostjo preverjala polizdelke, zato smo postavili hipotezo:

- v industrijski liniji lahko avtomatsko sestavljamo segmente, ki so narejeni s toleranco  $\pm 0.1$  mm,
- v industrijski liniji lahko izvedemo avtomatizirano meritev izdelkov in polizdelkov,
- na meritev vplivajo dejavniki okolice (svetloba, elektromagnetno valovanje ...).

Glede na komponente in programsko opremo ki nam je bila na voljo pri raziskovalni nalogi, smo postavili hipotezo:

- robota in kamero je možno povezati na takšen način, da bo kamera zaznala pozicijo izdelkov in ta podatek prenesla na robota, ki bo izdelke sestavil v skupni izdelek.

## **4 Zgodovina strojnega vida**

Računalniški strojni vid se je prvič začel uporabljati pred desetletji. Prvi poskusi uporabe te tehnologije so bili opravljeni med drugo svetovno vojno in takoj po njej, in sicer v vojaške namene.

Od takrat se je skupaj z razvojem elektronike hitro razvijal tudi računalniški in pozneje strojni vid. Prvi so v poznih šestdesetih letih prejšnjega stoletja računalniški vid uporabili na Massachusetts Institute of Technology za vodenje prototipa robotske roke na podlagi procesirane slike.

V osemdesetih je področje postalo aktualno predvsem na univerzah in v številnih raziskovalnih programih, pojavljati pa so se začele tudi prve industrijske aplikacije. V naslednjem desetletju je stopnja razvoja dosegla točko, kjer je računalniški vid v določenih razmerah začel nadomeščati človekovo vizualno zaznavanje in odločanje na podlagi vidno zaznanih informacij. S tem so se odprla vrata za uporabo tehnologije v industrijskem okolju in nastal je - strojni vid.

## 5 Osnove strojnega vida

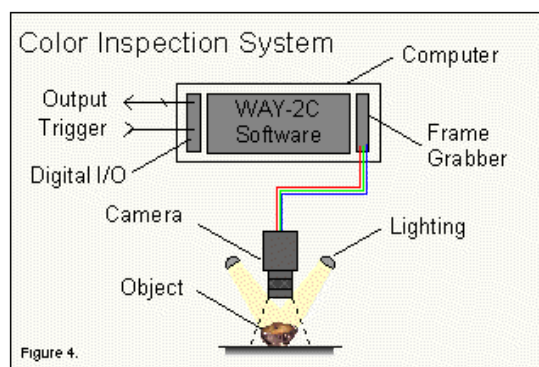
O strojnem vidu lahko govorimo, ko apliciramo računalniški vid v industrijske procese. Pri strojnem vidu je rešitev namreč skupaj s perifernimi enotami vključena v avtomatiziran sklop proizvodne linije.

### 5.1 Področja uporabe strojnega vida

Strojni vid se uporablja na različnih področjih za:

- lociranje (določitev položaja s koordinatami),
- razpoznavanje, identifikacijo, razvrščanje in ocenjevanje,
- merjenje in preizkušanje dimenzij in lege,
- določanje premikanja, vodenje in nadzor (zaznavanje gibajočih se predmetov, njihove lege, hitrosti in smeri premikanja),
- pregledovanje (ugotavljanje, ali so opazovani objekti znotraj toleranc in v skladu s standardi).

Do danes se je v serijski proizvodnji najbolj uveljavil sistem avtomatiziranega pregledovanja izdelkov oziroma njihove kvalitete pri končni kontroli. Pri tem je potrebno nedvoumno definirati, kaj je željena oziroma zahtevana naloga sistema in kako lahko zahtevam zadostimo.



Slika 5: Skica strojnega vida

## 5.2 Poimenovanje – koraki, načini, stopnje

V prvem koraku je potrebno določiti in primerno opisati parametre zahtevane naloge, ki jo bo sistem opravljal.

V drugem koraku je potrebno določiti sistem za zajemanje slik, ker brez primerne kamere, osvetlitve, optike in postavitve objekta ni možno zajeti slike z zahtevano kvaliteto. Slika je osnova za tekoče in pravilno delovanje sistema.

V tretjem koraku se na jasnih in pravilno zajetih slikah objekta poišče značilnosti, ki omogočajo prepoznavo oziroma odločitev, ki jo sistem zahteva.

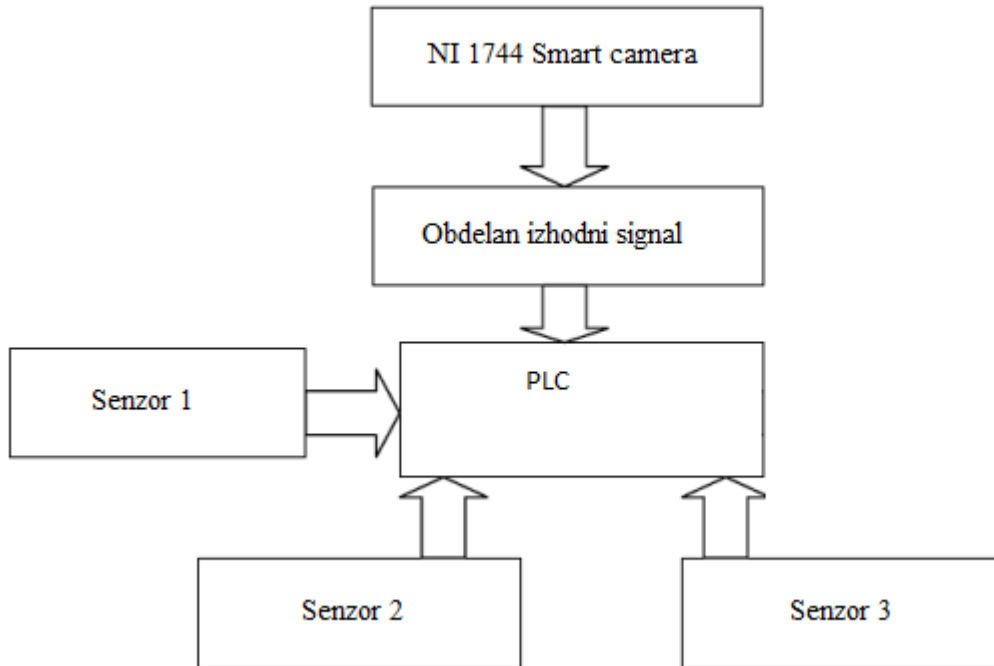
V četrtem koraku se izbere in optimizira pravilne algoritme, ki morajo skupaj s strojno opremo izpolnjevati določene oziroma zastavljene zahteve.

## 5.3 Zajemanje vidne informacije

Pravilna izbira kamere je eden glavnih dejavnikov uspešnega strojnega vida.

Pomembni so naslednji dejavniki:

- oddaljenost objekta od kamere,
- vrsta slike (eno/dvodimenzionalno zajemanje),
- črno bela ali barvna slika,
- zadostna resolucija,
- gibanje ali mirovanje objekta pri zajemanju slike,
- način osvetlitve,
- namen zajemanja slike.



Slika 6: Shema našega sistema

#### 5.4 Uporaba strojnega vida

Uporaba strojnega vida neposredno znižuje stroške dela in zagotavlja kakovost, hkrati pa je največja pomanjkljivost njegova robustnost. Strojni vid je najpogosteje sestavni del mehatronskega sklopa, ki v osnovi združuje mehaniko in elektroniko. Tako sestavlja napravo, ki deluje avtomatsko, brez človekove navzočnosti.

- Pri avtomatiziranem procesu bo to izvajal manipulator ali robot.
- Po obdelavi bo nadzor izdelka opravil sistem strojnega vida in samodejno sprejel odločitev, ali je izdelek ustrezen ali ne.
- Informacijo bo posredoval robotu, ki ga bo tudi avtomatsko sortiral.

## 5.5 Ekonomija in strojni vid

Z ekonomskega vidika ugotovimo dvoje: ne potrebujemo delavca in stroj deluje ponovljivo, tudi do 24 ur na dan.

Izločitev človeka pomeni nižje stroške dela in izločitev človeških napak, kot so na primer nepravilno pozicioniran obdelovanec, nekonstantno izvajanje dela, posledice človekovega počutja, njegovih sposobnosti in vpliv okolice.

Z vidika kvalitete pa se računalniški vid še zmeraj ne more primerjati s kakovostjo človekovega gledanja. Razlika je ta, da ima človek izjemno dobre manipulativne lastnosti, kar pomeni, da lahko izdelek obrača in postavlja v položaj, ki mu omogoča, da določeno napako vidi. Pri avtomatskem sistemu pa so vsi položaji že vnaprej določeni.

Poleg tega človek odločitvena merila nenehno prilagaja trenutnim razmeram, računalnik pa deluje po vnaprej določenih ukazih, ki dobro delujejo le v okolju, za katerega so projektirani. Prav tako lahko na kvaliteto strojnega vida vplivajo zunanji vplivi, kot so prah, neprimerna svetloba ...



## 6 Naša izvedba strojnega vida

Za raziskovalno nalogo smo potrebovali opremo velike vrednosti, zato smo uporabili šolsko opremo.

### 6.1 Strojna oprema

Pri prenosu slike iz 3D-oblike v digitalno smo uporabili kamero podjetja National Instruments.

#### 6.1.1 Kamera

Prenos slike iz 3D-oblike v digitalno ob nam omogoča sistem za zajemanje vidne informacije oziroma HD-kamera. V našem primeru kamera National instruments NI 1742 smart camera z resolucijo 640 x 480 pikslov, z vgrajenim procesorjem 533 MHz, visokokvalitetnim VGA-senzorjem, z vgrajenimi industrijskimi vhodi in izhodi ter z ethernet priključkom.



Slika 7: NI 1742 Smart camera



Slika 8: *LED-osvetlitev za boljšo kvaliteto slike*



Slika 9: *Kamera z LED-osvetlitvijo*

## 6.2 SIEMENS krmilnik

SIMATIC S7-1212 AC/DC/RLY je modularni in kompaktni krmilnik, ki je namenjen večstranski uporabi in širokemu spektru aplikacij. S širino 90 mm, višino 100 mm in globino 75 mm je majhnih dimenzij in s tem omogoča fleksibilnost med inštalacijo ter posledično zavzema manj prostora. Deluje na napetosti 24 V DC, zajema 8 integriranih digitalnih vhodov, 6 digitalnih izhodov ter 2 integrirana analogna vhoda.

Je nastavljen in prilagodljiv, saj lahko nanj povežemo do osem signalnih modulov. Pri seriji SIMATIC S7-1200 so signalne plošče, moduli, ki omogočajo prilagajanje krmilnika našim aplikacijskim zahtevam. Z dodajanjem teh modulov večamo število analognih ali digitalnih I/O brez poseganja v samo fizično velikost CPE. Ima do 50 KB integriranega delovnega spomina ter do 2 MB integriranega programskega spomina. Ima možnost dodajanja do treh komunikacijskih modulov, ki zagotavljajo povezavo preko point to point serijske komunikacije. Vsebuje tudi integriran ethernet vmesnik, ki se uporablja za programiranje, PLC/PLC-povezovanje ter za povezovanje s HMI-napravami. Prav tako ga lahko povežemo na krmilnike s programsko opremo drugih proizvajalcev, in sicer z uporabo ethernet protokolov. Omogoča povezavo s hitrostjo 10/100 Mbit/s, podpira do 16 ethernet povezav ter protokole: TCP/IP-native, ISO na TCP, ter S7-komunikacijo.

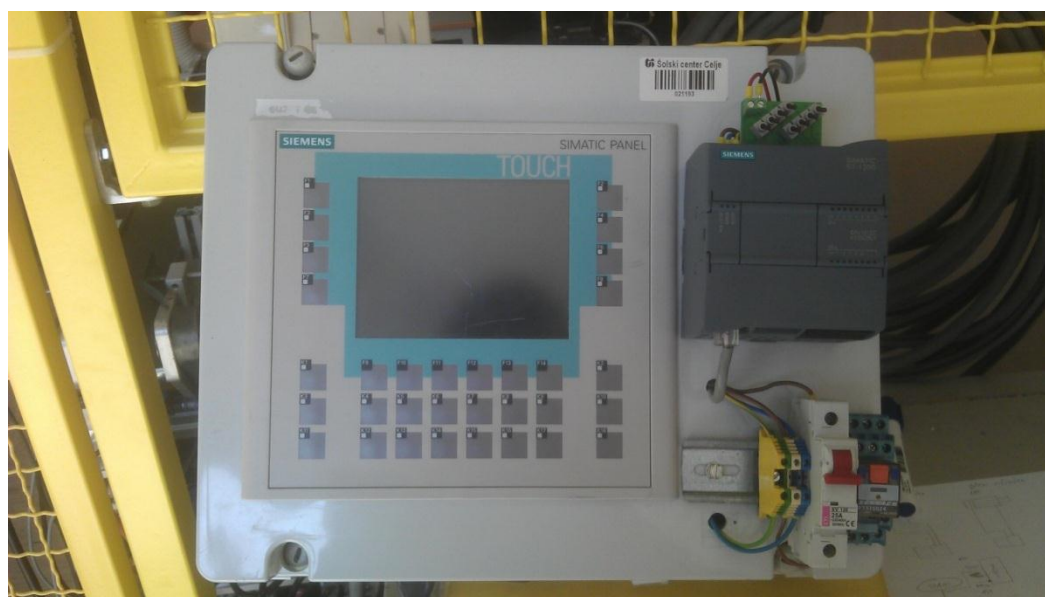
Strojna oprema ima vgrajene reže za enostavno montažo na standardno 35 mm DIN-letev. Reže lahko prestavimo na razširitveno mesto in uporabimo montažne luknje.

Opremo lahko namestimo horizontalno ali vertikalno, kar nam omogoča večjo fleksibilnost pri montaži.

## Raziskovalna naloga – Strojni vid



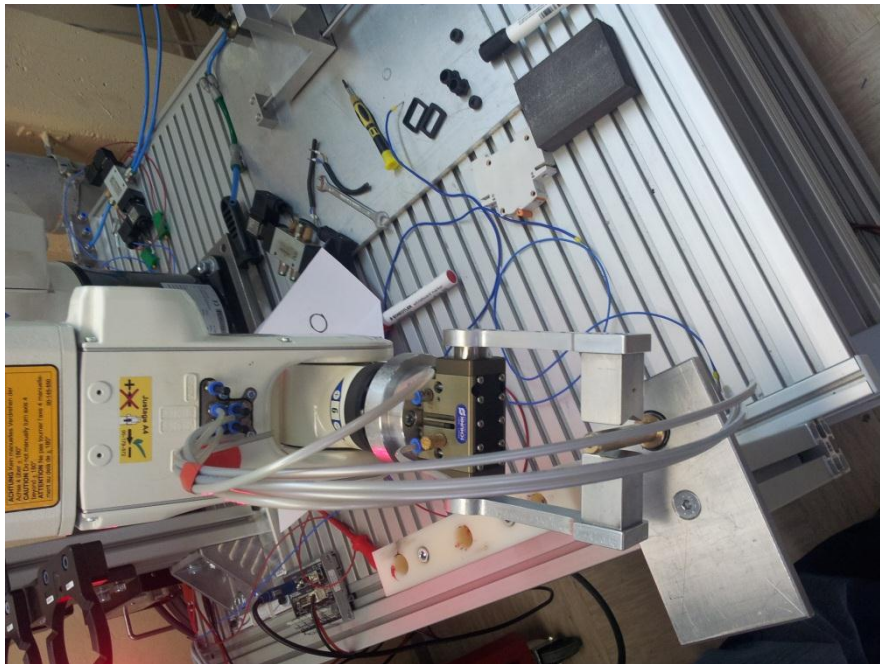
Slika 10: *Krmilnik SIEMENS 1212c*



Slika 11: *SIEMENS krmilnik in touch panel*

### 6.3 KUKA KR 5

V raziskovalni nalogi smo uporabljali tudi robota KUKA KR 5, ki je glede na svojo velikost in okretnost za nalogo najprimernejši.



Slika 12: *Preizkus robota*

KUKA KR 5 je zanesljiv kompaktni robot s šestimi točkami, tremi za določanje položaja in tremi za orientacijo. S težo približno 28 kilogramov, natančnostjo manjšo od  $\pm 0,02$  mm, dosegom 650 mm, nosilnostjo 5 kilogramov in z možnostjo pritrditve na tla ali na posebno aluminijasto ohišje je izpolnjeval vse naše zahteve. Programirali smo ga preko Teach pad panela, ki je vezan neposredno na robota.

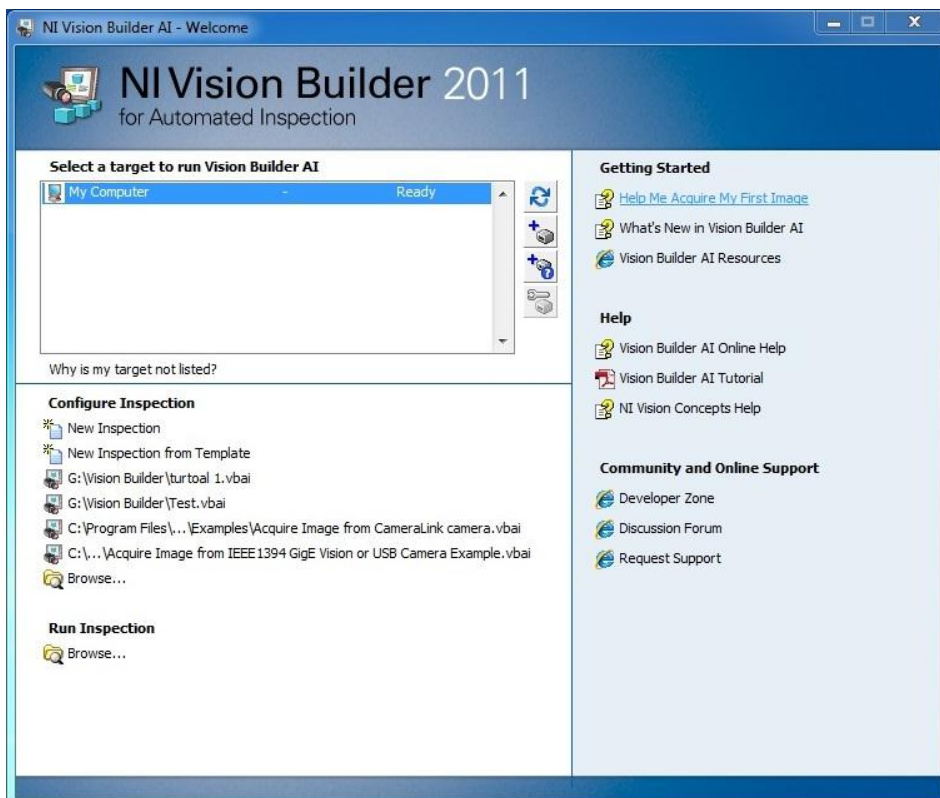


Slika 13: *KUKA KR 5*

## 6.4 Programska oprema

V raziskovalni nalogi smo se odločili za program Vision Builder, ki je namenjen optični kontroli in obdelavi izdelka, hkrati pa je kompatibilen z NI 1742 kamero.

Za samo pretvorbo iz tridimenzionalne dejanske slike v digitalno sliko mora kamera v objektiv zajeti izbrani izdelek. Pri tem je potrebno paziti na kvaliteto slike, pravilno oddaljenost kamere od izdelka, čistost okolja, stabilnost oziroma mirovanje kamere, ki jo omogoča stojalo, ter na pravilno osvetlitev izdelka, ki jo omogoča sistem za optimalno osvetljevanje. Dobljeno sliko je potrebno grafično obdelati, kar pomeni odstraniti možne šume, popraviti kontraste, barvna razmerja in podobno. Nato si izberemo »oporne točke« oziroma točke, na katere naj bo program pri pregledovanju pozoren. Program Vision Builder nam nudi tudi merjenje izdelka in nam s tem omogoča celoten pregled izbranega izdelka, tako njegovo velikost, kvaliteto obdelave, velikost lukenj, zatičev kot tudi njegovo lego.



Slika 14: Začetni meni v programu NI Vision Builder 2011

## **7 Namen in cilji raziskovalne naloge**

Naš projekt je precej obsežen, zato smo delo razdelili na dve raziskovalni nalogi. Cilj naše raziskovalne naloge je postaviti kamero in sestaviti program, s pomočjo katerega bo smart kamera v kombinaciji s programom Vision Builder premerila izdelke, ki bodo kasneje sestavljeni. Program se bo s pomočjo že vnaprej vpisanih standardov in mej tolerance odločil, ali je izdelek sprejemljiv ali ne in ta podatek posredoval robotu za nadaljnji proces.

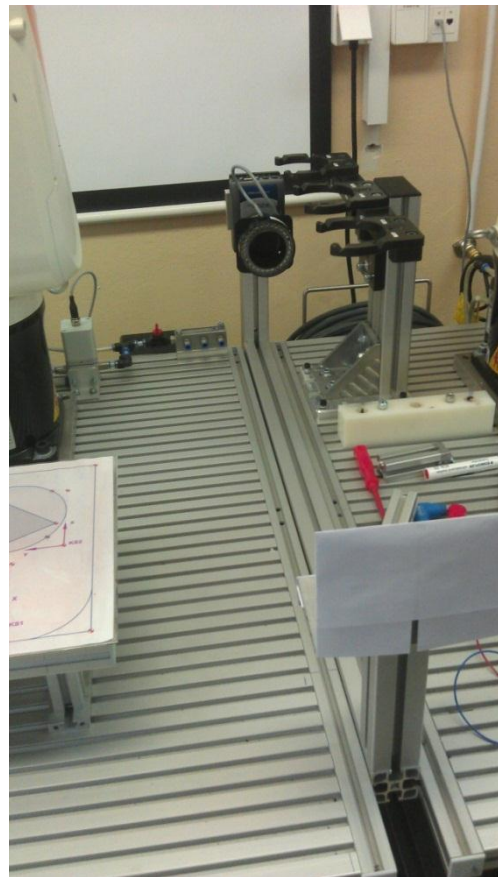
S pomočjo raziskovalne naloge želimo posodobiti in izboljšati izdelavo izdelkov, hkrati pa zmanjšati število nepravilno sestavljenih ali nekvalitetnih končnih izdelkov, saj je s pomočjo natančnega strojnega vida to mogoče.



## 8 Predstavitev problema

Dandanes predstavlja v različnih proizvodnih linijah največji razlog za izmet oziroma neuporabnost izdelkov človek. Velikokrat si ljudje pri tem ne moremo pomagati, saj imajo naša čutila omejen spekter zaznavanja, prav tako pa smo omejeni z energijo oziroma z delom, ki ga lahko opravimo. Preprosto rečeno, človek se hitro utruji in prične delati napake.

V našem primeru pa je pri sestavi treh strojnih komponent z visoko natančnostjo in majhno toleranco odstopanja delo človeka nemogoče primerjati s hitrostjo delovanja stroja. Medtem ko stroj s strojnim vidom oziroma kamero premeri in oceni večje število izdelkov kot človek, pridobimo pri učinkovitosti proizvodnje, hkrati pa se kamera za razliko od osebe nikoli ne utruji in le redkokdaj zmoti. Pri našem projektu torej sestavljamo tri komponente: dve spojni komponenti in tretji del (zatič), s pomočjo katerega sta združeni prvi dve. Komponente so izdelane z veliko natančnostjo in prostora za tolerance tako rekoč ni. Zaradi natančnih mer bi človek s pomočjo pomičnega merila in drugih priprav za merjenje potreboval več minut za pregled le treh elementov, s pomočjo kamere pa jih preverimo le v nekaj trenutkih. Ker pa je projekt zasnovan tako, da bi se lahko uporabljal v realni proizvodnji liniji, je ta dejavnik še pomembnejši, saj bi pri serijski izdelavi pridobili veliko časa oziroma bi v istem času naredili veliko več izdelkov. Ko je zglob sestavljen, ga bo robot 1 tudi zložil na paleto.



Slika 15: Postavitev kamere

## 9 Ideje za reševanje problema

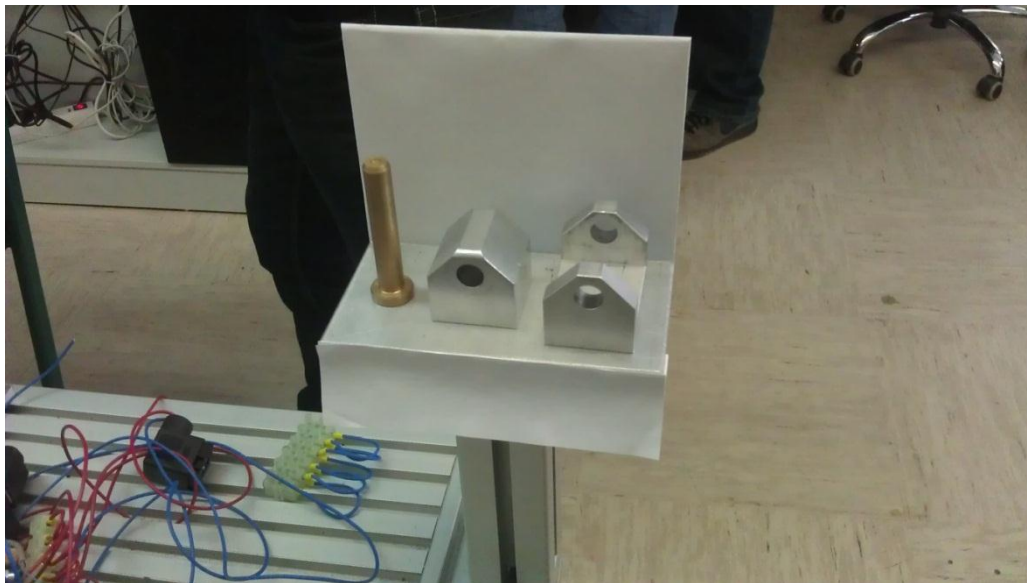
Upoštevati smo morali vse zahteve, ki so potrebne za natančen izračun mer. Pri delu smo imeli največje probleme s postavitvijo kamere, primernim ozadjem ter številom segmentov. Uporabili pa smo precej preproste rešitve.



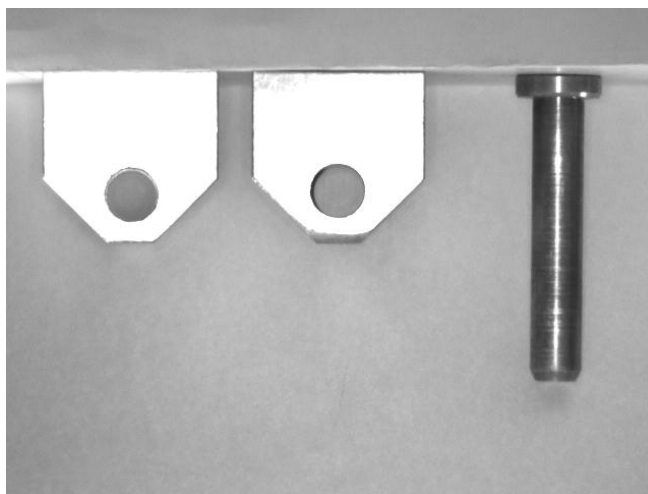
Slika 16: Sestavljen zglob

## 9.1 Trije izdelki

Problem treh polizdelkov nastane zaradi tega, ker imamo tri različne izdelke, s programom Vision Builder pa ne moremo napisati treh programov in jih nato posamezno klicati v proces. Zato smo kamero oddaljili od sprva mišljenega mesta in s tem dobili večjo površino slikanja, nato pa napisali program, s pomočjo katerega kamera zajame vse tri segmente naenkrat in tako dobimo le eno odčitavanje slike namesto treh.



Slika 17: Postavitev vseh treh polizdelkov



Slika 18: Slika kamere

## 9.2 Postavitev kamere

Sprva je bilo mišljeno, da bo kamera postavljena nad ploščadjo, torej nad izdelki, kar bi bilo tudi najlažje in najbolj uporabno. Pojavil pa se je problem, da robot ne bi bil zmožen pobirati izdelkov izpod kamere oziroma bi bilo precej bolj zakomplicirano. Zato smo kamero postavili v vodoravni položaj in tako naredili prostor robotski roki, ki sedaj brez težav pobira izdelke.



Slika 19: Ležeče postavljena kamera

### 9.3 Ozadje

Ozadje oziroma podlaga slikanja mora biti enobarvna, da lahko kamera z največjo natančnostjo prebira in odčitava točke slikanega predmeta. Ker pa je bila kamera postavljena v vodoravni položaj, ta zahteva ni bila izpolnjena, saj je hkrati z izdelkom zajemala tudi ozadje, v tem primeru učilnico, kar se je izkazalo za hudo motnjo sistema. Problem smo rešili z enobarvno ploščo, ki smo jo pritrdili za ozadje, in tako tudi iz vodoravnega položaja dobili enobarvno ozadje za nemoteno delovanje kamere.



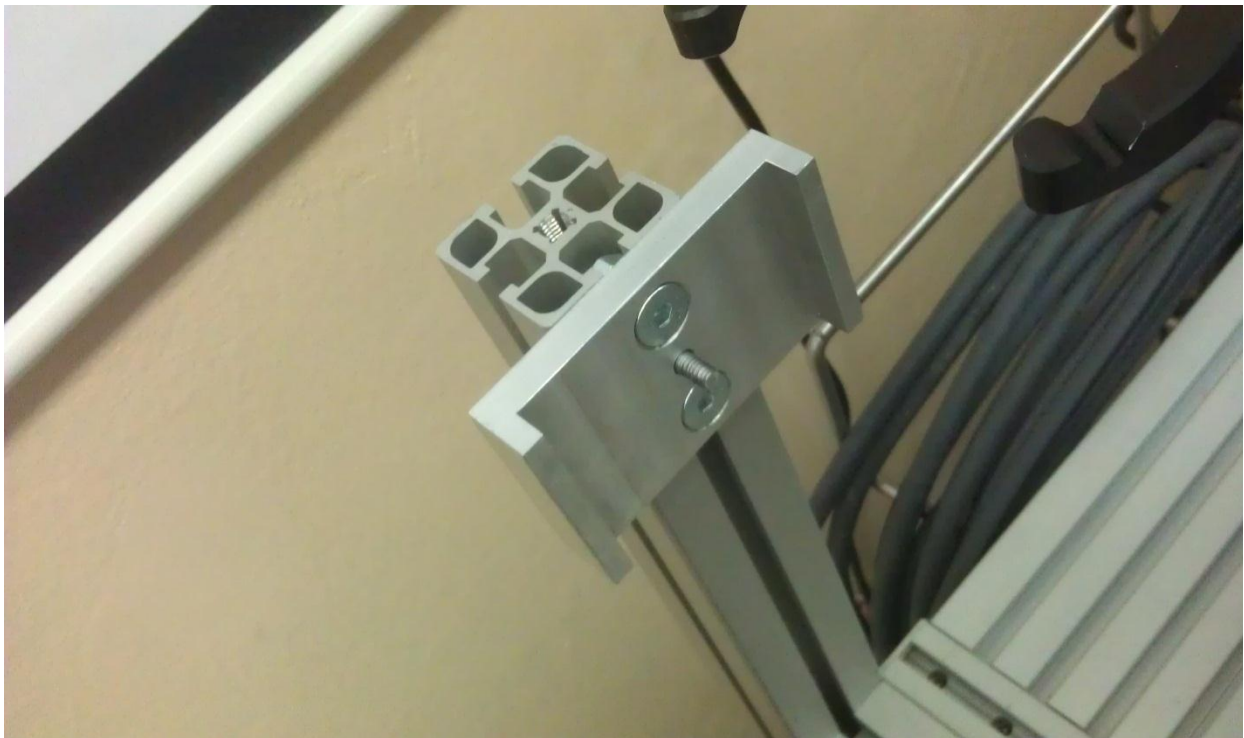
Slika 20: *Belo ozadje, izdelano iz papirja*

## 10 Konstruiranje

Kamera mora biti stabilna ter trdno pritrjena na delovno površino. V ta namen smo izdelali nosilec ter podstavek, kjer bodo postavljeni segmenti za pregled.

### 10.1 Nosilec za kamero

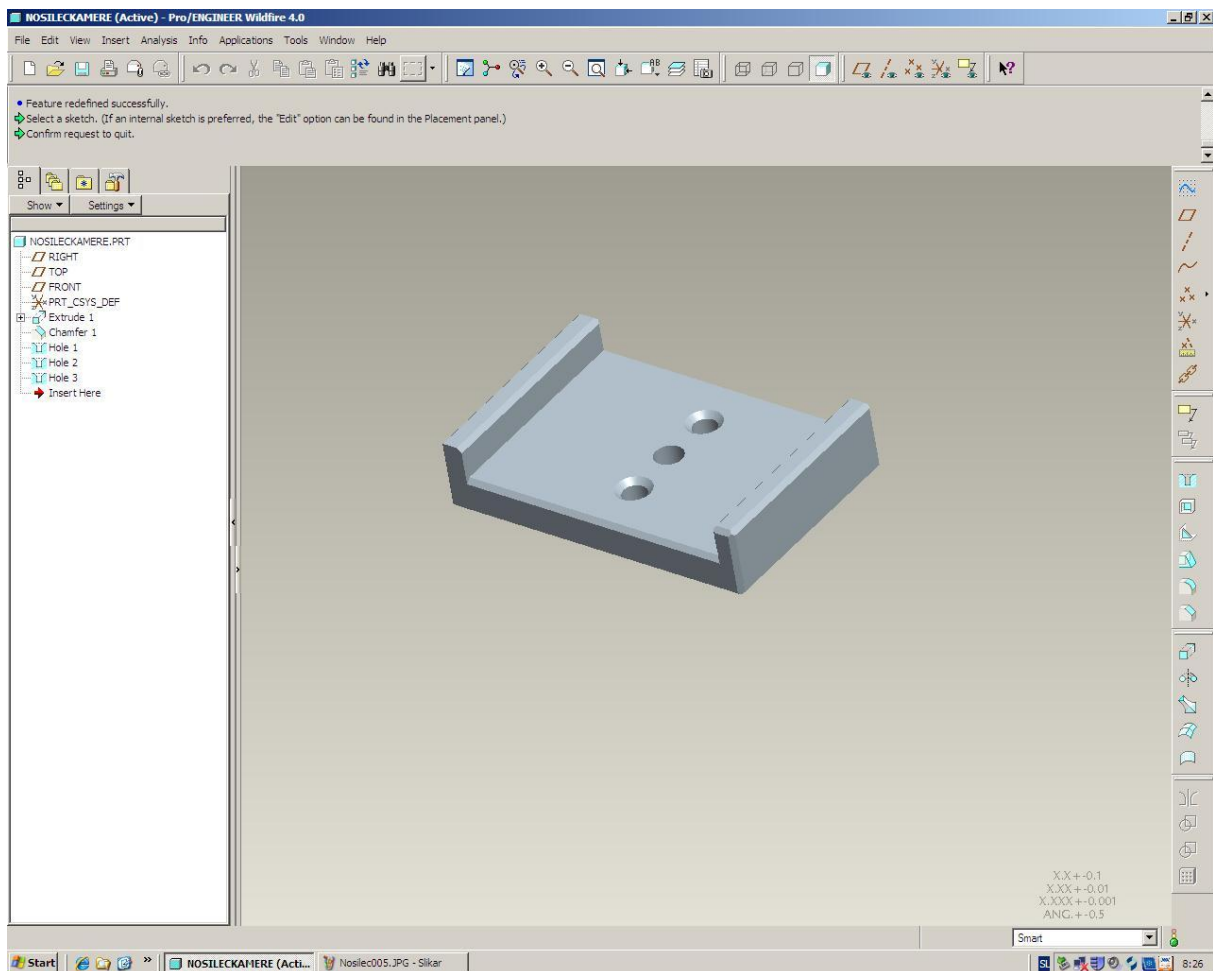
Konstruiranje projekta smo začeli z izdelovanjem nosilca za kamero. Kamera ima že pritrjen serijski nosilec na zadnji strani za hladilnimi režami. Na tem nosilcu so z vsake strani že vrezani navoji, zato smo dodatni nosilec za kamero naredili iz aluminija.



Slika 21: Nosilec, na katerega privijačimo kamero.

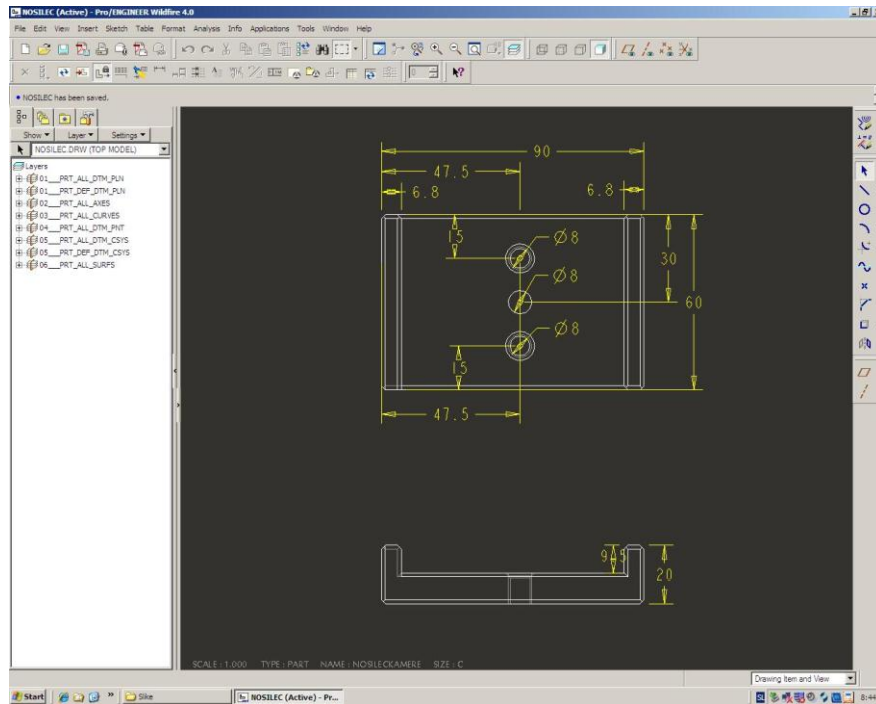
## Raziskovalna naloga – Strojni vid

Nosilec smo morali narediti tako, da je kamera stabilna in se ne more premikati v katerokoli smer. Tako smo se odločili, da naredimo nosilec, ki objame serijski nosilec kamere ter uporabimo navoj, ki je vrezan na sredini. Naš nosilec ima podpornike z vsake strani, ki preprečujejo, da bi prišlo do zasuka kamere. Cel nosilec je pritrjen na sredino nosilca kamere. Za pritrnitev celotne kamere smo izvrtali še dve luknji, s katerima bomo kamero pritrčili na BOSCH profile.



Slika 22: 3D-risba nosilca kamere, narisana v ProEngineer-ju

## Raziskovalna naloga – Strojni vid



Slika 23: Mere nosilca kamere

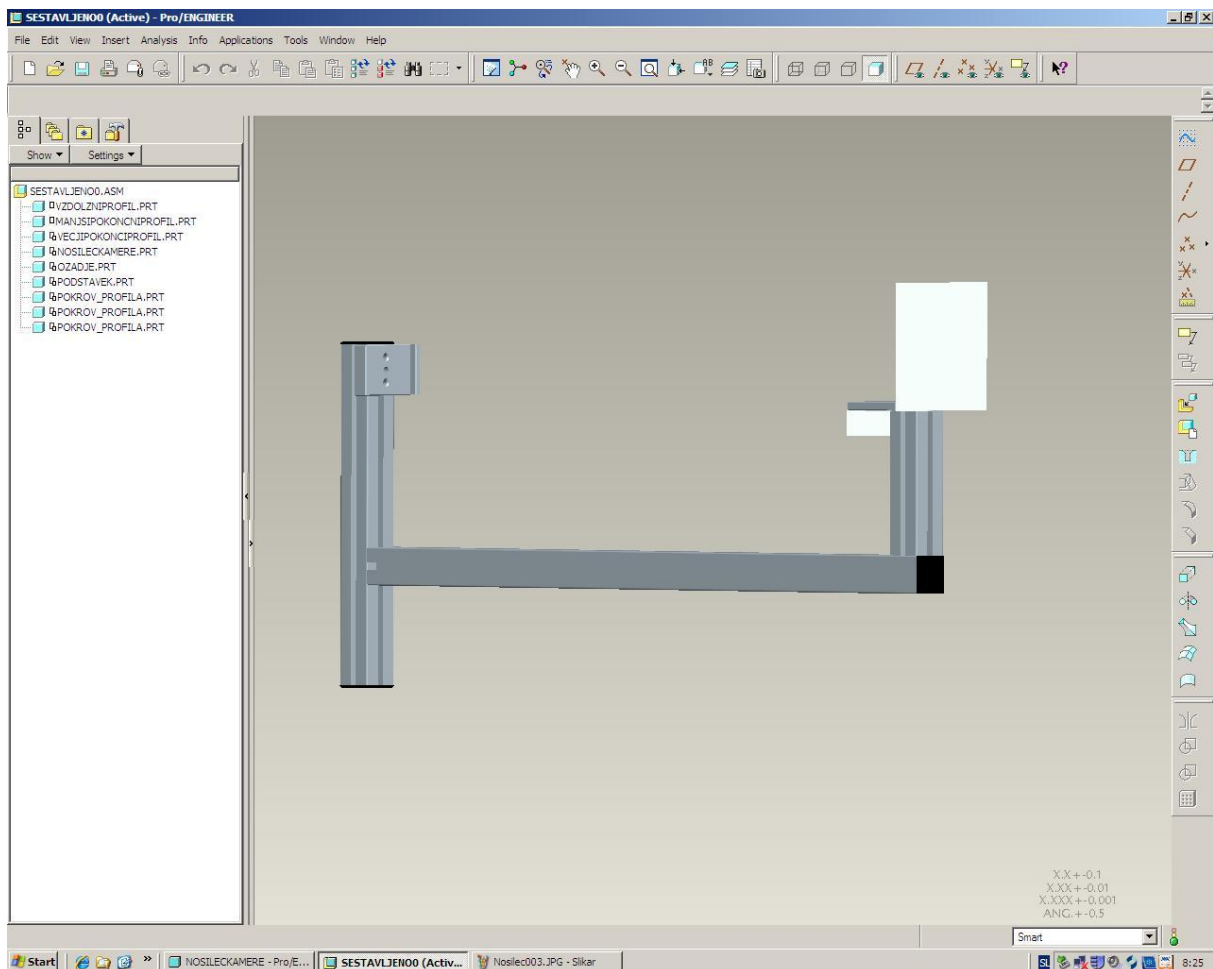


Slika 24: Izdelava nosilca za kamero

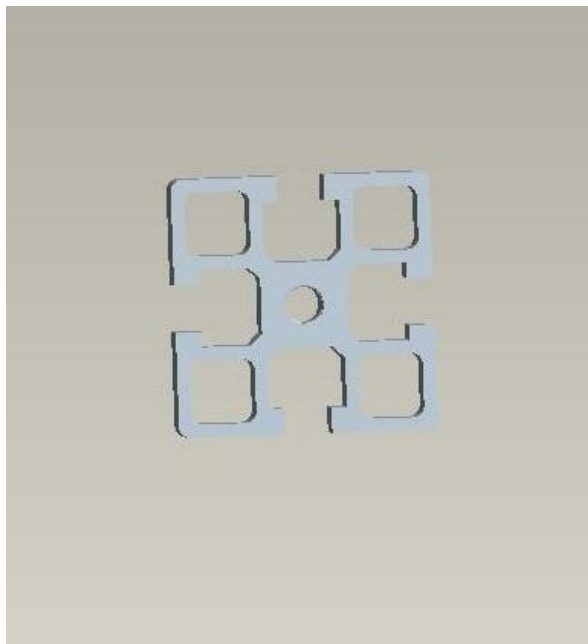


## 10.2 Nosilci iz BOSCH profilov

Ker smo morali kamero pritrčiti na natančno določeno razdaljo od merjencev, smo naredili nosilce iz BOSCH profilov, s pomočjo katerih smo kamero trdno pritrčili na določeno dolžino ter omogočili njeno odstranitev z ohranitvijo točne razdalje od merjencev.



Slika 25: V ProEngineer-ju narisan nosilec iz BOSCH profilov



Slika 26: Prerez BOSCH profila

### 10.3 Podstavek za merjenje

Segmenti za merjenje potrebujejo ravno podlago, kamor jih bo robot odlagal ter jih bo kamera lahko slikala pod pravim kotom.

V ta namen smo izdelali podstavek, ki smo ga pritrdili na nosilce iz BOSCH profilov. Na ta podstavek bo robot odložil vse tri dele zgloba, ki jih bo kamera slikala pod pravim kotom za meritev vseh potrebnih mer.



*Slika 27: Aluminijast podstavek za segmente*

#### **10.4 Ozadje**

Za natančno določitev mer na sliki je potrebno pripraviti ozadje slike, saj pri izračunavanju mer kamera išče robove kosov glede na kontrast robov. Če robovi niso vidni, se kamera zlahkoto zmoti ter napačno izmeri izdelek, kar privede do prevelikega izmeta.



*Slika 28: Ozadje, prekrito z belim papirjem*

## Raziskovalna naloga – Strojni vid

V ta namen smo izdelali ploščo, ki bo zakrivala ozadje. Nanjo smo nalepili papir najprimernejše barve, v našem primeru je bil to papir bele barve.

Plošča za ozadje je bila izdelana iz pločevine, ki je bila primerno zakrivljena, da je pokrivala nepotrebno površino na kameri. Plošča sega od ozadja pod podstavkom in se nadaljuje še na spodnji strani podstavka.



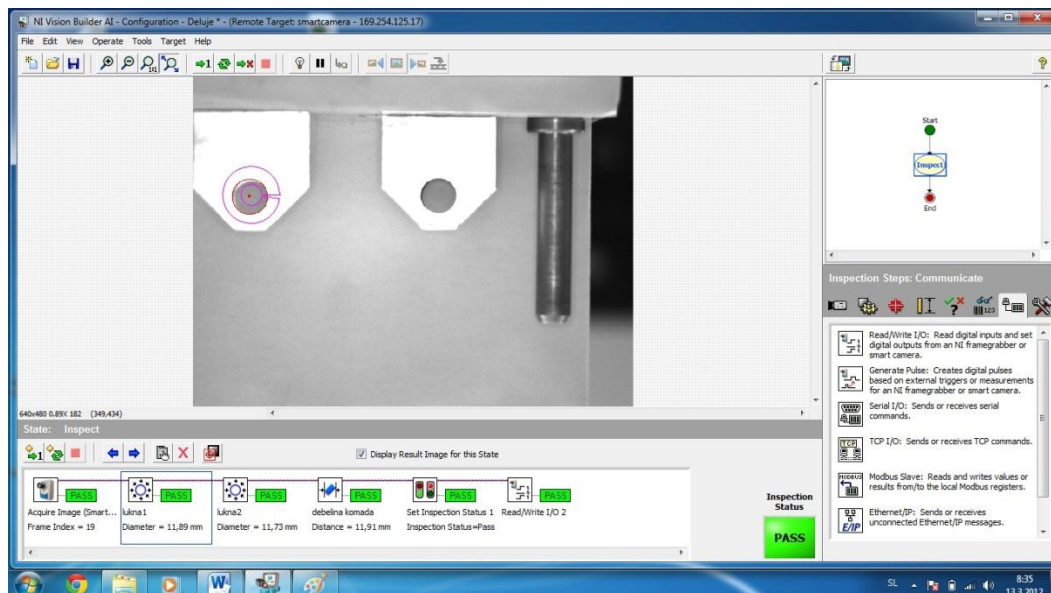
Slika 29: *Ozadje*

## 11 Koraki programa kamere

Program je sestavljen iz več korakov, ki se po vrsti izvajajo ob vsaki sprožitvi kamere.

### 11.1 Zajetje slike

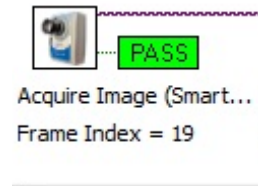
Kamera sliko zajame ob prejemu signala, da je robot opravil svojo nalogo ter pripravil vse tri segmente na ploskev za slikanje. Ta signal odda induktivni senzor 1, ki se nahaja na levi strani oziroma pod izdelkom, ki ga robot odloži nazadnje ter pokrije induktivni senzor, ki se nato sproži.



Slika 30: Nastavitev izvora slike

## 11.2 Kalibracija slike

Ko zajamemo sliko, moramo to sliko kalibrirati. To kar pomeni, da sliki, ki smo jo slikali za kalibracijo, dodamo mere teh izdelkov in določimo merilo. Tako bo kamera v naslednjih slikah lahko izmerila velikost segmentov, ki so na sliki.



Slika 31: Kalibracija

Kalibracija je eden najpomembnejših korakov pri strojnem vidu. Z njo določimo natančnost meritev v vseh naslednjih korakih. Visoko natančnost lahko dosežemo s pravilno osvetlitvijo in ozadjem, saj pri kalibraciji določimo mere glede na izdelke na sliki. Če se teh izdelkov ne vidi točno oziroma so robovi nejasni, to pomeni, da bodo mere netočne.

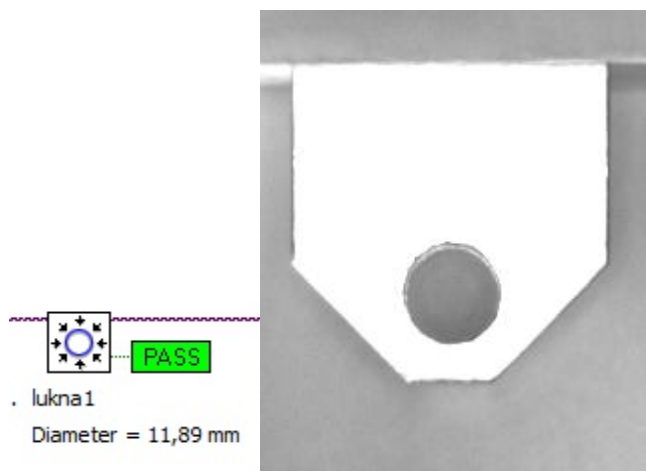
V našem primeru smo pri kalibraciji iskali črno/bele robove, ki smo jih dobili z osvetlitvijo izdelkov, kar povzroči njihov prikaz v beli barvi, ozadje pa je zaradi oddaljenosti ostalo temno.



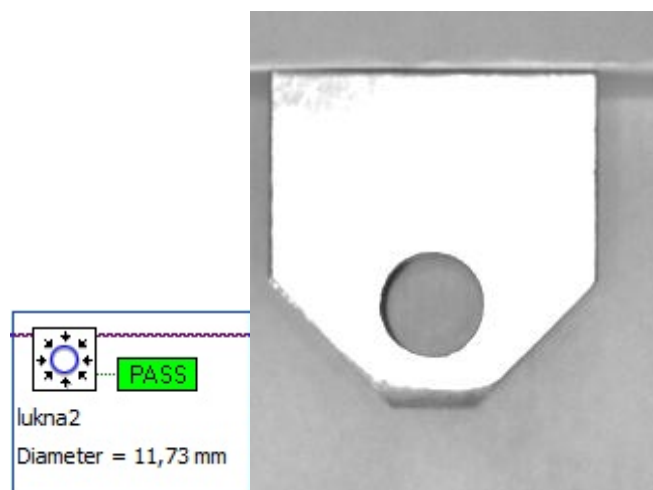
Slika 32: Razvijanje programa kamere

### 11.3 Iskanje izdelkov na sliki

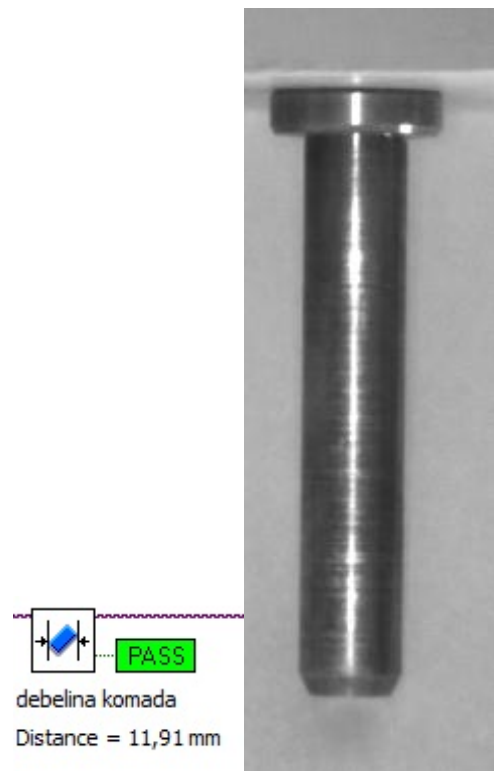
Kalibracijo smo uporabili za določanje mer izdelka, kar pomeni, da izdelka še nismo izmerili, pač pa smo mu določili le merilo s pomočjo katerega smo primerjali nadaljnje izdelke. Vsak segment moramo kasneje v programu posebej najti na sliki ter ga izmeriti glede na merilo, ki smo ga določili pri kalibraciji. Za vsak segment moramo posebej določiti območje, kjer bo program iskal robove ter izmeril razdaljo med robovoma oziroma v tem primeru med dvema točkama. V tem koraku sta ponovno bistvena ozadje ter osvetlitev izdelkov, saj ob vsakem zajetju nove slike potrebujemo natančno vidne robove.



Slika 33: Merjenje premera luknje 1. segmenta



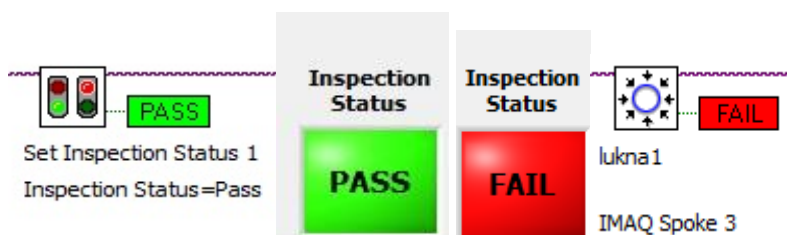
Slika 34: Merjenje premera luknje 2. segmenta



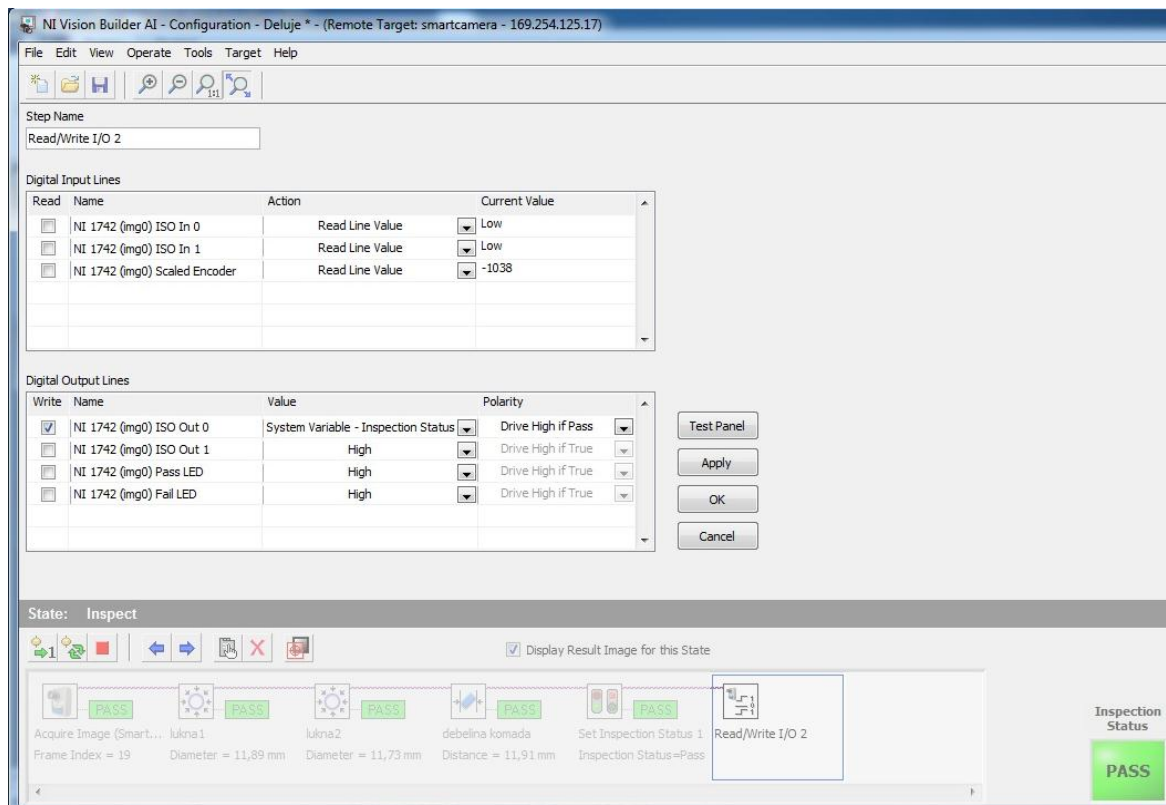
Slika 35: Merjenje debeline zatiča

## 11.4 Določitev stanja

Ob koncu, ko program zmeri vsak segment posebej, je potrebno določiti stanje programa glede na prejšnje korake meritve. Če so vse mere v mejah tolerance, nam program določi meritev kot »PASS«. S tem so izdelki pripravljene za nadaljnjo uporabo. V primeru, da kakšen izdelek ni v toleranci mer, nam program prikaže »FAIL« ter robot 1 zamenja izdelke.



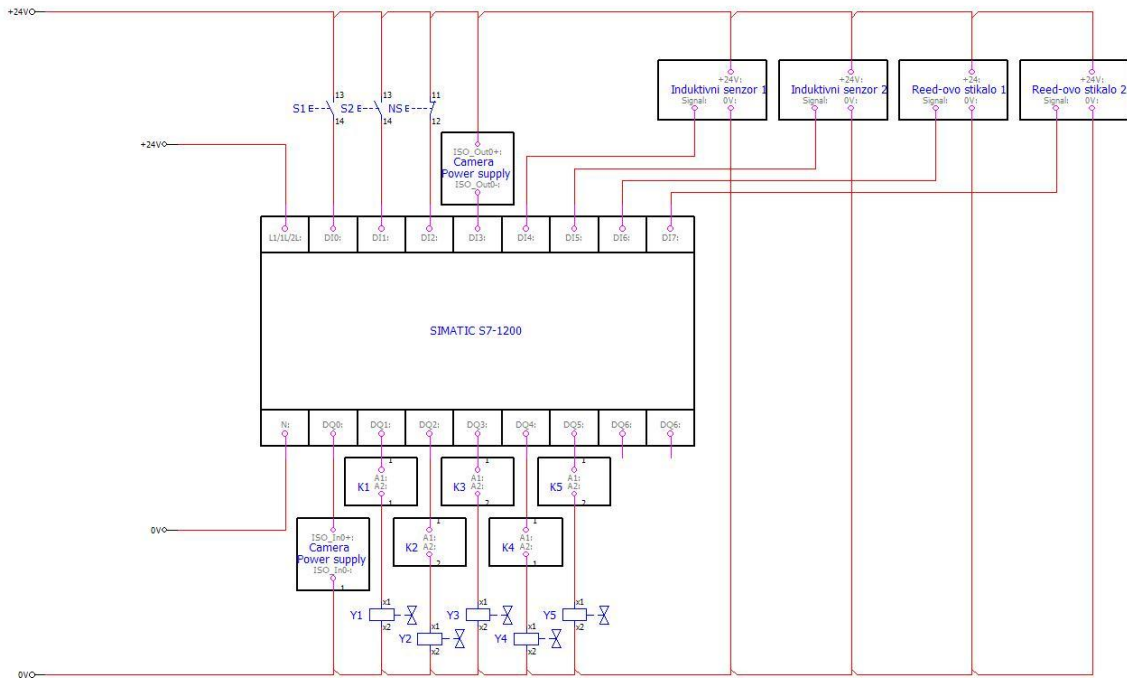
Slika 36: FAIL ali PASS glede na pravilnost izdelka



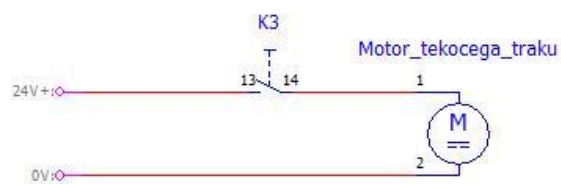
Slika 37: Nastavitve izhodov ter vhodov za oddajanje signalov



## 12 Načrti ter elektro sheme

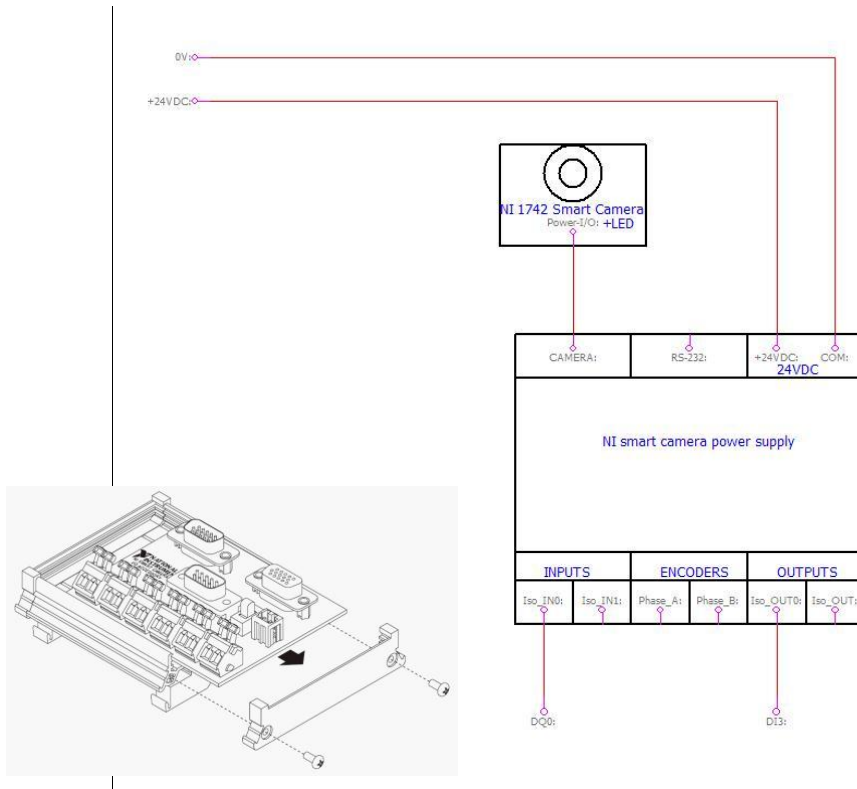


Slika 38: *PLK ter vhodi/izhodi*

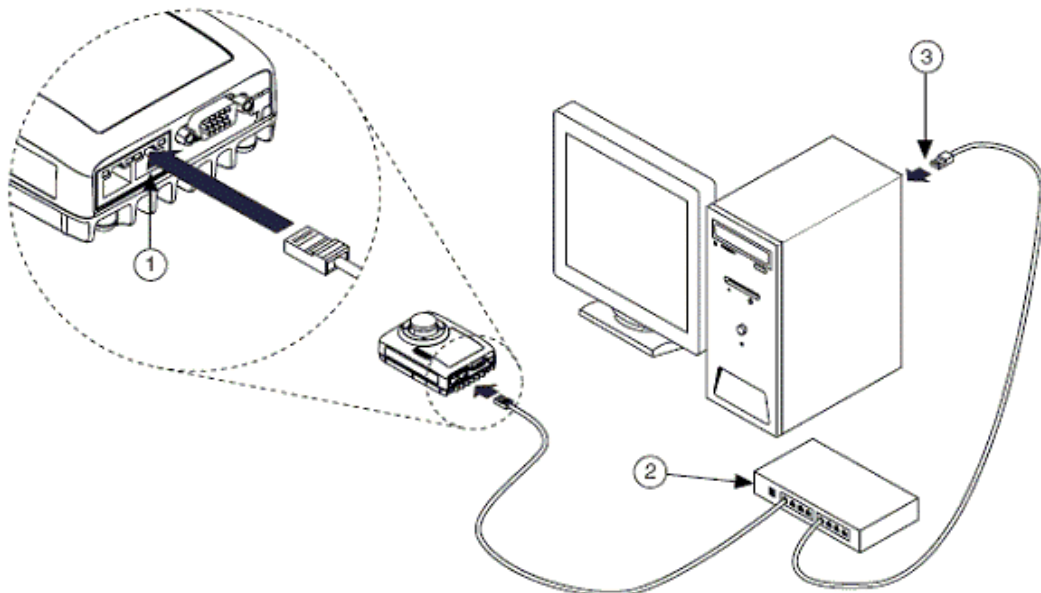


Slika 39: *Priklop tekočega traka na PLK*

## Raziskovalna naloga – Strojni vid

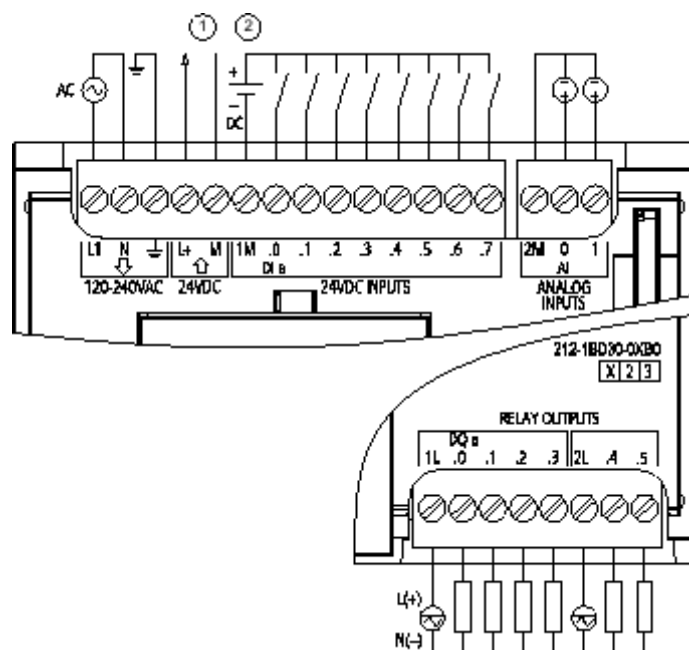


Slika 40: Kamera ter napajalna enota



- 1 Connecting an Ethernet Cable to Port 1 on the NI 17xx
- 2 Ethernet Hub or Other Network Port
- 3 Connecting an Ethernet Cable to an Ethernet Port on the Development Computer

Slika 41: Povezava kamere z računalnikom



Slika 42: Priključki na krmilnik

## 13 Ugotovitve

Strojni vid nam na splošno daje veliko prednosti, ki omogočajo večji zaslužek, ter večjo, hitrejšo in kvalitetnejšo proizvodnjo. Vsebuje tudi nekaj slabosti, kot je na primer ta, da človek odločitvena merila prilagaja trenutnim razmeram, računalnik pa deluje po vnaprej določenih ukazih. Čeprav so spremenljivi, ne morejo doseči kakovosti človeka. Dobro lahko deluje le v okolju, za katero je projektiran.

### 13.1 Potrdili in ovrgli smo naslednje teze:

- ✓ strojni vid smo vgradili v robotsko aplikacijo in povezali z robotom,
- ✓ kamera izmeri ter določi stanje glede na pravilnost polizdelka,
- ✓ tekoči trak prepelje končan zglob in robot ga postavi na paleto,
- ✗ kamera pri takšni razdalji ne izmeri izdelkov dovolj natančno ( $\pm 0.1$  mm).

### 13.2 Nadgradnje

Pri raziskavi so možne še nadgradnje. Največji napredek bi lahko naredili pri hitrosti, pri sami sestavi zgloba ter paletizaciji, kar bi nam precej povečalo število sestavljenih zglobov v določenem času.

## **14 Zahvala**

Za podporo pri raziskovalni nalogi se celotna skupina zahvaljuje podjetju National Instruments Slovenija, še posebej gospodu Damjanu Drozgu, ker so nam omogočili uporabo programske opreme Vision Builder.

## 15 Viri

- [1] *Mehatronika*. 1. izdaja. Ljubljana: Pasadena, 2009.
- [2] *Kuka-robotics*, KR 5 SIXX R650 [online]. 2012. [citirano 9. 3. 2012]. Dostopno na naslovu: <http://www.kuka-robotics.com>
- [3] *National Instruments, Smart Cameras for Embedded Machine Vision* [online]. 2008. [citirano 9. 3. 2012]. Dostopno na naslovu: [http://www.ni.com/pdf/products/us/cat\\_ni\\_1742.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/cat_ni_1742.pdf)
- [4] SIEMENS. *Siemens Industry online support* [online]. 2012. [citirano 13. 3. 2012]. Dostopno na naslovu: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll>
- [5] SOLINA, F. *Računalniški vid nekdanj in danes* [online]. 2006. [citirano 6. 3. 2012]. Dostopno na naslovu: [http://eprints.fri.uni-lj.si/199/1/Solina\\_ROSUS2006.pdf](http://eprints.fri.uni-lj.si/199/1/Solina_ROSUS2006.pdf)
- [6] ŠANTIĆ, M. *National Instruments COMPACT VISION avtomatska optična kontrola*. [online]. 2004. [citirano 8. 3. 2012]. Dostopno na naslovu: [http://www.wise-t.com/WT/images/media/Avtomatska\\_opticna\\_kontrola.PDF](http://www.wise-t.com/WT/images/media/Avtomatska_opticna_kontrola.PDF)