

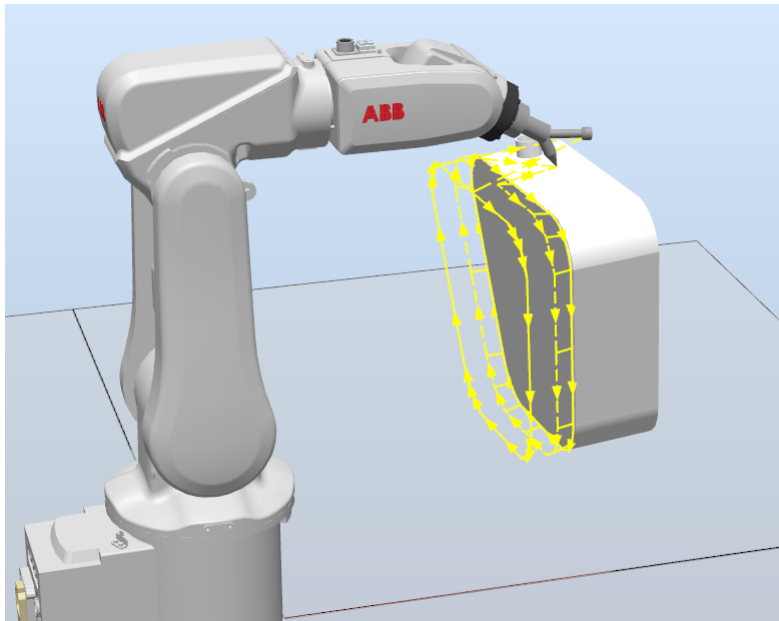
PRVI DOMAĆI ZADATAK IZ PREDMETA ROBOTIKA I AUTOMATIZACIJA

Dušan Šalović 2018/0067, Danica Bandović 2018/0018

Avugust 2021.

1 Postavka problema

U okviru programskog paketa „ABB RobotStudio” realizovati aplikaciju tačkastog i kontinualnog zavarivanja pomoću industrijskog robota. Unutar radnog prostora robota se nalazi predmet koji je potrebno zavariti (slika 1).



Slika 1: Izgled predmeta u radnom okruženju

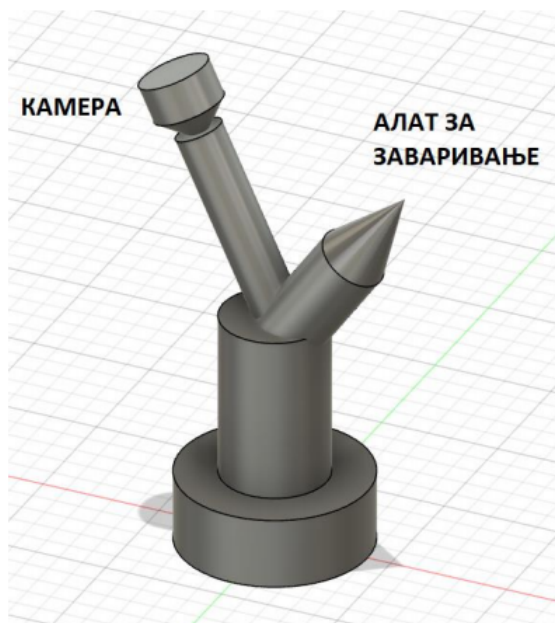
Potrebno je realizovati sledeće funkcionalnosti:

- Tačkasto zavarivanje pod uglom od 45° u odnosu na površine koje je potrebno zavariti
- Kontinualno zavarivanje pod uglom od 45° u odnosu na površine koje je potrebno zavariti
- Vizuelnu inspekciju vara. Omogućiti korisniku da izabere jednu od tri opcije vizuelne inspekcije:
 1. Inspekciju pozicija koje su tačkasto zavarene
 2. Inspekciju kontinualnog vara
 3. Inspekciju pozicija koje su tačkasto zavarene a zatim i inspekciju kontinualnog vara
- Signaliziranje ostatku sistema o ishodu vizuelne inspekcije

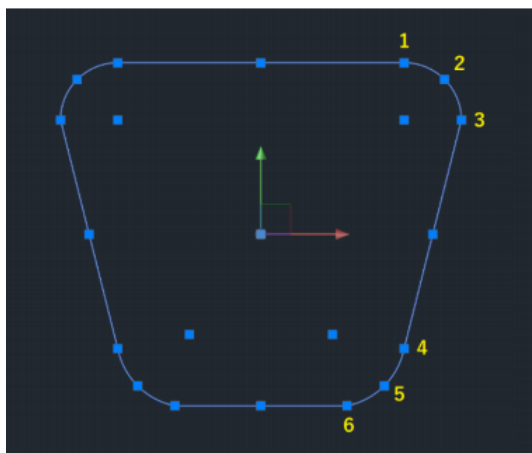
- Potrebno je obezbediti da robot ima što manje praznog hoda prilikom izvršavanja svih funkcionalnosti

Objekat je postavljen kao na slici 1. Usled ograničenja da se zglobovi robota ne mogu rotirati za 360° , objekat je postavljen u poziciju u kojoj se sve tačke mogu obići tako da ugao pod kojim se vrši zavarivanje bude 45° . Do ove pozicije predmeta smo došli posmatranjem potpuno operativnog radnog prostora robota.

Izgled alata za zavarivanje sa kamerom za vizuelnu inspekciju prikazan je na slici 2.



Slika 2: Završni uređaj



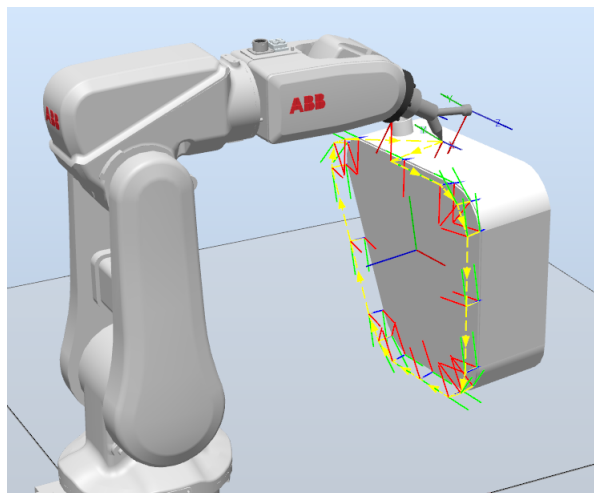
Slika 3: Izgled objekta koji je potrebno zavariti

2 Simulacija

Formirane su tačke do kojih je potrebno da završni uređaj dođe i napravljena je putanja po kojoj je potrebno da se robot kreće da bi izvršio zadatke zavarivanja ili inspekcije. Za izbor putanje je odabrana automatski najbolja konfiguracija.

2.1 Tačkasto zavarivanje

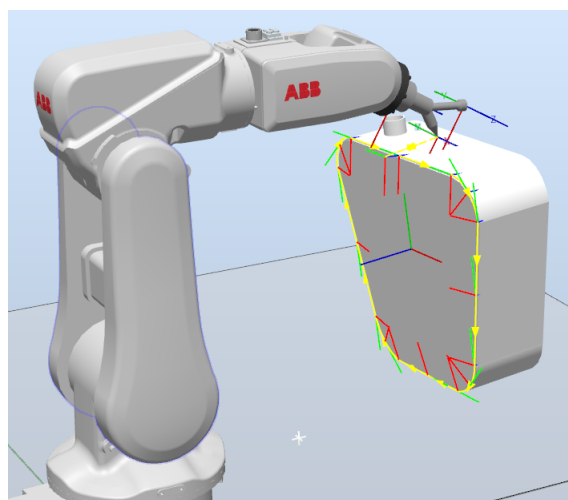
Kod tačkastog zavarivanja postupak je sledeći: za svaku tačku alat za zavarivanje se najpre pozicionira na udaljenost od 2cm od tačke zavarivanja, a zatim se malom brzinom spusti do tačke zavarivanja linearno se kretajući pod uglom u 45° u odnosu na nju. Sam proces varenja traje 1 sekundu i nakon toga se alat vraća na bezbednu udaljenost, a zatim ide do sledeće tačke. Postupak se ponavlja za svaku tačku zavarivanja. Izgled putanje prikazan je na slici 4.



Slika 4: Izgled putanje za tačkasto zavarivanje

2.2 Kontinualno zavarivanje

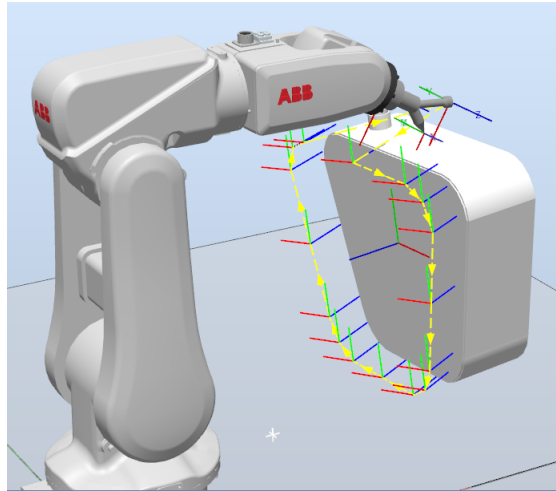
Kod kontinualnog zavarivanja postupak je sledeći: najpre se alat za zavarivanje pozicionira na bezbednu udaljenost i polako se spusti do pocetne tačke zavarivanja. Zatim se kreće od jedne do druge tačke zavarivanja, kretajući se isključivo pod uglom od 45° u odnosu na površinu objekta. Za tačke na linearnim segmentima je korišćena naredba MoveL, dok je za tačke gde je neophodno kružno kretanje korišćena naredba MoveC.



Slika 5: Izgled putanje za kontinualno zavarivanje

2.3 Tačkasta inspekcija

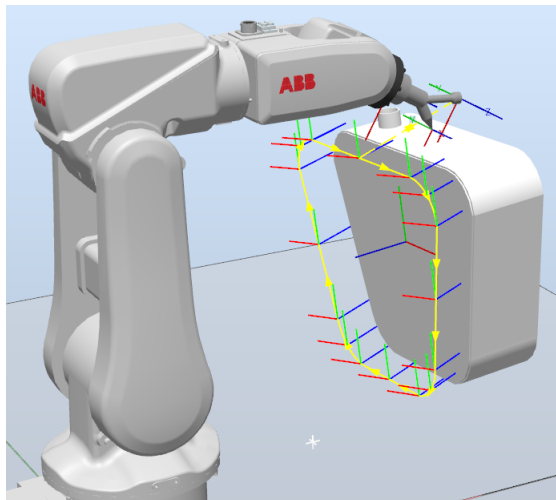
Kod inspekcije tačkastog zavarivanja postupak je sledeći: za svaku tačku zavarivanja, kameru pozicioniramo u tački na rastojanju od 5cm, a zatim pozivamo funkciju CheckWeld, na osnovu koje određujemo da li je tačka varenja dobro zavarena (ako je vraćeni rezultat veći od 97, var je neispravan). Sam proces inspekcije jedne tačke smo usvojili da traje 0.5 sekundi. Ovaj postupak ponavljamo za svaku tačku varenja. Na kraju, ukoliko je jedna tačka bila neispravna, ceo postupak tačkastog varenja je neispravan i izlaz WledingFail postavljamo na visok logički nivo. U suprotnom, tačkasto varenje je ispravno, pa izlaz WledingFail postavljamo na visok logički nivo.



Slika 6: Izgled putanje za tačkastu inspekciju

2.4 Kontinualna inspekcija

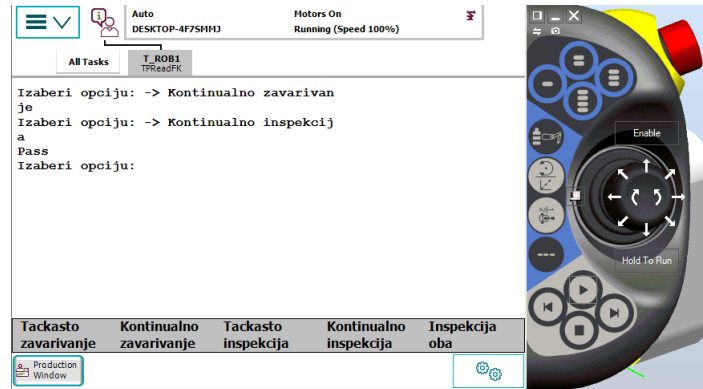
Kod inspekcije kontinualnog zavarivanja postupak je sledeći: krećemo se putanjom koja je 5cm izdignuta iznad putanje kojom se zavarivanje vršilo. Na kraju putanje pozivamo funkciju CheckWeld kojom ispitujemo ispravnost zavarivanja. Ukoliko je vraćena vrednost manja od 97 var smatramo ispravnim i signal WledingPass postavljamo na visok logički nivo. Ukoliko je vrednosti veća od 97 var smatramo neispravnim i signal WledingFail postavljamo na visok logički nivo.



Slika 7: Izgled putanje za kontinualnu inspekciju

3 Komunikacija preko FlexPendanta

Komunikacija sa korisnikom omogućena je preko FlexPendenta. Moguće je izabrati jednu od opcija: tačkasto zavarivanje, kontinualno zavarivanje, tačkasta inspekcija, kontinualna inspekcija ili obe inspekcije. Kada korisnik odabere opciju, robot izvršava zadatak koji je korisnik odabrao.



Slika 8: Izgled FlexPendanta

4 Programski kod

```

1 PROC main()
2     VAR num option;
3     SetDO WeldinGun,0;
4     SetDO WeldingFail,0;
5     SetDO WledingPass,0;
6     WHILE (TRUE) DO
7         TPReadFK option, "Izaberi opciju:", "Tackasto zavarivanje", "Kontinualno ...
            zavarivanje", "Tackasto inspekcija", "Kontinualno ...
            inspekcija", "Inspekcija oba";
8         IF (option = 1) THEN
9             Tack_zavarivanje;
10        ENDIF
11        IF (option = 2) THEN
12            Kont_zavarivanje;
13        ENDIF
14        IF (option = 3) THEN
15            Tack_inspekcija;
16        ENDIF
17        IF (option = 4) THEN
18            Kont_inspekcija;
19        ENDIF
20        IF (option = 5) THEN
21            Tack_inspekcija;
22            WaitTime \InPos, 2;
23            Kont_inspekcija;
24        ENDIF
25    ENDWHILE
26 ENDPROC

```

```

1 PROC Kont_zavarivanje()
2
3     MoveJ Home_varenje, v1000, z100, Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
4     MoveJ T11D_POC_2_2, v100, z10, Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
5     MoveJ T11D_POC, v10, fine, Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;

```

```

6      MoveL T1RD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
7      MoveC T2RD,T3RD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
8      !MoveC T2RD,T3RD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
9      !MoveL T2RD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
10     !MoveL T3RD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
11     MoveL T34RD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
12     MoveL T4RD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
13     MoveC T5RD,T6RD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
14     !MoveL T5RD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
15     !MoveL T6RD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
16     MoveL T66D,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
17     MoveL T6LD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
18     MoveC T5LD,T4LD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
19     !MoveL T5LD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
20     !MoveL T4LD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
21     MoveL T34LD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
22     MoveL T3LD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
23     MoveC T2LD,T1LD,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
24     !MoveL T2LD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
25     !MoveL T1LD,v80,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
26     MoveL T11D,v50,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
27     MoveJ T11D_POC_2_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
28     MoveJ Home_varenje,v1000,z100,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
29     ENDPROC

```

```

1  PROC Kont_inspekcija()
2      VAR num t;
3      SetDO WeldingFail,0;
4      SetDO WledingPass,0;
5
6      MoveJ Home_kamera,v1000,z100,Kamera\WObj:=Rezervoar;
7      MoveJ Target_11Dpoc,v50,z10,Kamera\WObj:=Rezervoar;
8      MoveL Target_1RD,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
9      MoveC Target_2rdesno,Target_3rdesno,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
10     MoveL Target_34desno,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
11     MoveL Target_4rdesno,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
12     MoveC Target_5rdesno,Target_6rdesno,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
13     MoveL Target_66dole,v50,z10,Kamera\WObj:=Rezervoar;
14     MoveL Target_6lrlevo,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
15     MoveC Target_5rlevo,Target_4rlevo,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
16     MoveL Target_34rlevo,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
17     MoveL Target_3rlevo,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
18     MoveC Target_2rlevo,Target_1rlevo,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
19     MoveL Target_11kraj,v50,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
20     t:=CheckWeld();
21     IF (t≥97) THEN
22         SetDO WeldingFail,1;
23         SetDO WledingPass,0;
24         TPWrite "Fail";
25     ELSE
26         SetDO WeldingFail,0;
27         SetDO WledingPass,1;
28         TPWrite "Pass";
29     ENDIF
30     MoveJ Home_kamera,v1000,z100,Kamera\WObj:=Rezervoar;
31     ENDPROC

```

```

1  PROC Tack_zavarivanje()
2      MoveJ Home_varenje,v1000,z100,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
3      MoveJ T11D_POC_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
4      MoveL T11D_POC,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
5      WaitTime\InPos,0.1;
6      SetDO WeldinGun,1;
7      WaitTime 1;
8      SetDO WeldinGun,0;

```

```

9      MoveL T11D_POC_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
10     MoveJ T1RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
11     MoveL T1RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
12     WaitTime\InPos,0.1;
13     SetDO WeldinGun,1;
14     WaitTime 1;
15     SetDO WeldinGun,0;
16     MoveL T1RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
17     MoveJ T2RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
18     MoveL T2RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
19     WaitTime\InPos,0.1;
20     SetDO WeldinGun,1;
21     WaitTime 1;
22     SetDO WeldinGun,0;
23     MoveL T2RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
24     MoveJ T3RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
25     MoveL T3RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
26     WaitTime\InPos,0.1;
27     SetDO WeldinGun,1;
28     WaitTime 1;
29     SetDO WeldinGun,0;
30     MoveL T3RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
31     MoveJ T34RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
32     MoveL T34RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
33     WaitTime\InPos,0.1;
34     SetDO WeldinGun,1;
35     WaitTime 1;
36     SetDO WeldinGun,0;
37     MoveL T34RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
38     MoveJ T4RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
39     MoveL T4RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
40     WaitTime\InPos,0.1;
41     SetDO WeldinGun,1;
42     WaitTime 1;
43     SetDO WeldinGun,0;
44     MoveL T4RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
45     MoveJ T5RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
46     MoveL T5RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
47     WaitTime\InPos,0.1;
48     SetDO WeldinGun,1;
49     WaitTime 1;
50     SetDO WeldinGun,0;
51     MoveL T5RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
52     MoveJ T6RD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
53     MoveL T6RD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
54     WaitTime\InPos,0.1;
55     SetDO WeldinGun,1;
56     WaitTime 1;
57     SetDO WeldinGun,0;
58     MoveL T6RD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
59     MoveJ T66D_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
60     MoveL T66D,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
61     WaitTime\InPos,0.1;
62     SetDO WeldinGun,1;
63     WaitTime 1;
64     SetDO WeldinGun,0;
65     MoveL T66D_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
66     MoveJ T6LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
67     MoveL T6LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
68     WaitTime\InPos,0.1;
69     SetDO WeldinGun,1;
70     WaitTime 1;
71     SetDO WeldinGun,0;
72     MoveL T6LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
73     MoveJ T5LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
74     MoveL T5LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
75     WaitTime\InPos,0.1;
76     SetDO WeldinGun,1;

```

```

77      WaitTime 1;
78      SetDO WeldinGun,0;
79      MoveL T5LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
80      MoveJ T4LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
81      MoveL T4LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
82      WaitTime\InPos,0.1;
83      SetDO WeldinGun,1;
84      WaitTime 1;
85      SetDO WeldinGun,0;
86      MoveL T4LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
87      MoveJ T34LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
88      MoveL T34LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
89      WaitTime\InPos,0.1;
90      SetDO WeldinGun,1;
91      WaitTime 1;
92      SetDO WeldinGun,0;
93      MoveL T34LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
94      MoveJ T3LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
95      MoveL T3LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
96      WaitTime\InPos,0.1;
97      SetDO WeldinGun,1;
98      WaitTime 1;
99      SetDO WeldinGun,0;
100     MoveL T3LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
101     MoveJ T2LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
102     MoveL T2LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
103     WaitTime\InPos,0.1;
104     SetDO WeldinGun,1;
105     WaitTime 1;
106     SetDO WeldinGun,0;
107     MoveL T2LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
108     MoveJ T1LD_2,v1000,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
109     MoveL T1LD,v10,fine,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
110     WaitTime\InPos,0.1;
111     SetDO WeldinGun,1;
112     WaitTime 1;
113     SetDO WeldinGun,0;
114     MoveL T1LD_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
115     !MoveJ T1ID_POC_2,v100,z10,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
116     MoveJ Home_varenje,v1000,z100,Alat_za_zavarivanje\WObj:=Rezervoar;
117     ENDPROC

```

```

1  PROC Tack_inspekcija()
2      VAR num t;
3      VAR bool b:=TRUE;
4      SetDO WeldingFail,0;
5      SetDO WledingPass,0;
6
7      MoveJ Home_kamera,v1000,z100,Kamera\WObj:=Rezervoar;
8      MoveJ Target_11Dpoc,v200,z10,Kamera\WObj:=Rezervoar;
9      WaitTime\InPos,0.5;
10     t:=CheckWeld();
11     IF (t≥97) THEN
12         b:=FALSE;
13     ENDIF
14     MoveJ Target_1RD,v80,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
15     WaitTime\InPos,0.5;
16     t:=CheckWeld();
17     IF (t≥97) THEN
18         b:=FALSE;
19     ENDIF
20     MoveJ Target_2rdesno,v80,fine,Kamera\WObj:=Rezervoar;
21     WaitTime\InPos,0.5;
22     t:=CheckWeld();
23     IF (t≥97) THEN
24         b:=FALSE;

```



```

25     ENDIF
26     MoveJ Target_3rdesno ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
27     WaitTime\InPos,0.5 ;
28     t:=CheckWeld() ;
29     IF (t≥97) THEN
30         b:=FALSE;
31     ENDIF
32     MoveJ Target_34desno ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
33     WaitTime\InPos,0.5 ;
34     t:=CheckWeld() ;
35     IF (t≥97) THEN
36         b:=FALSE;
37     ENDIF
38
39     MoveJ Target_4rdesno ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
40     WaitTime\InPos,0.5 ;
41     t:=CheckWeld() ;
42     IF (t≥97) THEN
43         b:=FALSE;
44     ENDIF
45     MoveJ Target_5rdesno ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
46     WaitTime\InPos,0.5 ;
47     t:=CheckWeld() ;
48     IF (t≥97) THEN
49         b:=FALSE;
50     ENDIF
51     MoveJ Target_6rdesno ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
52     WaitTime\InPos,0.5 ;
53     t:=CheckWeld() ;
54     IF (t≥97) THEN
55         b:=FALSE;
56     ENDIF
57     MoveJ Target_66dole ,v80 ,z10 ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
58     WaitTime\InPos,0.5 ;
59     t:=CheckWeld() ;
60     IF (t≥97) THEN
61         b:=FALSE;
62     ENDIF
63     MoveJ Target_6lrlevo ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
64     WaitTime\InPos,0.5 ;
65     t:=CheckWeld() ;
66     IF (t≥97) THEN
67         b:=FALSE;
68     ENDIF
69     MoveJ Target_5rlevo ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
70     WaitTime\InPos,0.5 ;
71     t:=CheckWeld() ;
72     IF (t≥97) THEN
73         b:=FALSE;
74     ENDIF
75     MoveJ Target_4rlevo ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
76     WaitTime\InPos,0.5 ;
77     t:=CheckWeld() ;
78     IF (t≥97) THEN
79         b:=FALSE;
80     ENDIF
81     MoveJ Target_34rlevo ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
82     WaitTime\InPos,0.5 ;
83     t:=CheckWeld() ;
84     IF (t≥97) THEN
85         b:=FALSE;
86     ENDIF
87     MoveJ Target_3rlevo ,v80 ,fine ,Kamera\WObj:=Rezervoar ;
88     WaitTime\InPos,0.5 ;
89     t:=CheckWeld() ;
90     IF (t≥97) THEN
91         b:=FALSE;
92     ENDIF

```

```
93      MoveJ Target_2rlevo , v80 , fine , Kamera\WObj:=Rezervoar ;
94      WaitTime\InPos , 0.5 ;
95      t:=CheckWeld() ;
96      IF ( t≥97) THEN
97          b:=FALSE;
98      ENDIF
99      MoveJ Target_1rlevo , v80 , fine , Kamera\WObj:=Rezervoar ;
100     WaitTime\InPos , 0.5 ;
101     t:=CheckWeld() ;
102     IF ( t≥97) THEN
103         b:=FALSE;
104     ENDIF
105     !MoveJ Target_1lkraj , v80 , fine , Kamera\WObj:=Rezervoar ;
106     IF (b=FALSE) THEN
107         SetDO WeldingFail , 1 ;
108         SetDO WledingPass , 0 ;
109         TPWrite " Fail " ;
110     ELSE
111         SetDO WeldingFail , 0 ;
112         SetDO WledingPass , 1 ;
113         TPWrite " Pass " ;
114     ENDIF
115     MoveJ Home_kamera , v1000 , z100 , Kamera\WObj:=Rezervoar ;
116 ENDPROC
```