

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

**PRIMJENA OSJETILA SILA  
I MOMENATA U RADU  
ROBOTA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Mentor:**

**Prof. dr.sc. Zoran Kunica**

**TOMISLAV PERKOVIĆ**

**Zagreb, 2008.**

## Sažetak

Tržišna utakmica, promjenljivi zahtjevi tržišta, povećanje cijene ljudskog rada, zakonski propisi o uvjetima sigurnosti i rada, nalažu brz razvoj naprednih tehnologija, među kojima su i visokoautomatizirani (visokoautonomni – inteligentni) sustavi robotskog sklapanja, izdašno opskrbljeni raznim osjetilima.

U Laboratoriju za inteligentne proizvodne sustave Zavoda za robotiku i automatizaciju proizvodnih sustava, Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, instaliran je robotski sustav AdeptSix 300 sa senzorom sila i momenata ATI-IA Gamma Si-65-5. Senzor je spojen s NIDAQ karticom, koja omogućuje sakupljanje mjernih podataka.

U radu je detaljno opisan navedeni robotski sustav i njegove hardverske i softverske komponente.

Izvedeno je i opisano nekoliko pokusa u svrhu prikupljanja i analize podataka o mjeranim silama i momentima, pri čemu se koristio softver LabVIEW (proizvođača *National Instruments*), te robotski programi u jeziku V+.

Pokusi su obuhvatili:

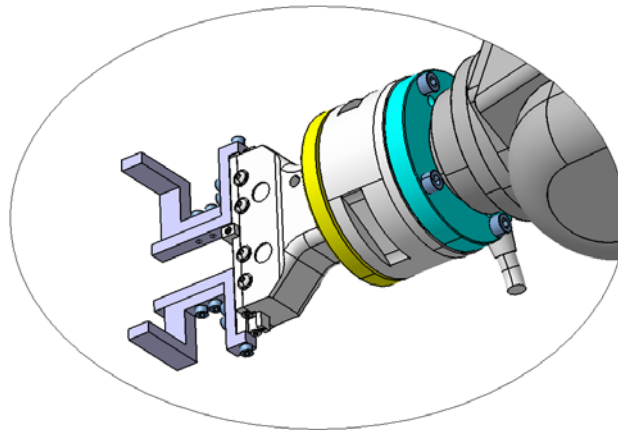
- gibanje robota s utegom (mase 1 kg) u prihvatnici;
- proces montaže sklopa od šest dijelova (prvotno u nesređenom stanju – stohastičkih pozicija i orijentacija);
- proces rasklapanja sklopa od tri dijela.

LabVIEW aplikacijom omogućeno je pretvaranje „sirovih“ podataka sa senzora – napona, u sile i momente, te grafičko prikazivanje svih mjenjenih veličina. Dobiveni podaci su analizirani, te je na temelju toga zaključeno da podaci ne odstupaju od očekivanih, odnosno sukladni su gibanjima robota u datim smjerovima i masama dijelova (predmeta) u hvataljci.

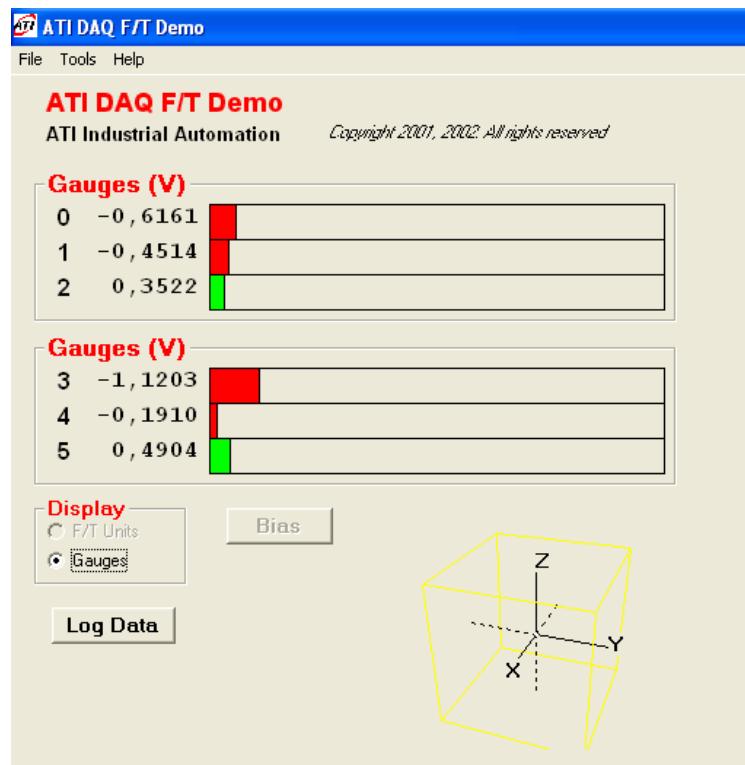
Također, što je posebno značajno za daljnji rad, ostvaren je datotečni ispis podataka o silama i momentima, u obliku primjerenom za razvoj složene robotske aplikacije, koja će, uz senzor sila i momenata, koristiti i strojni vid.



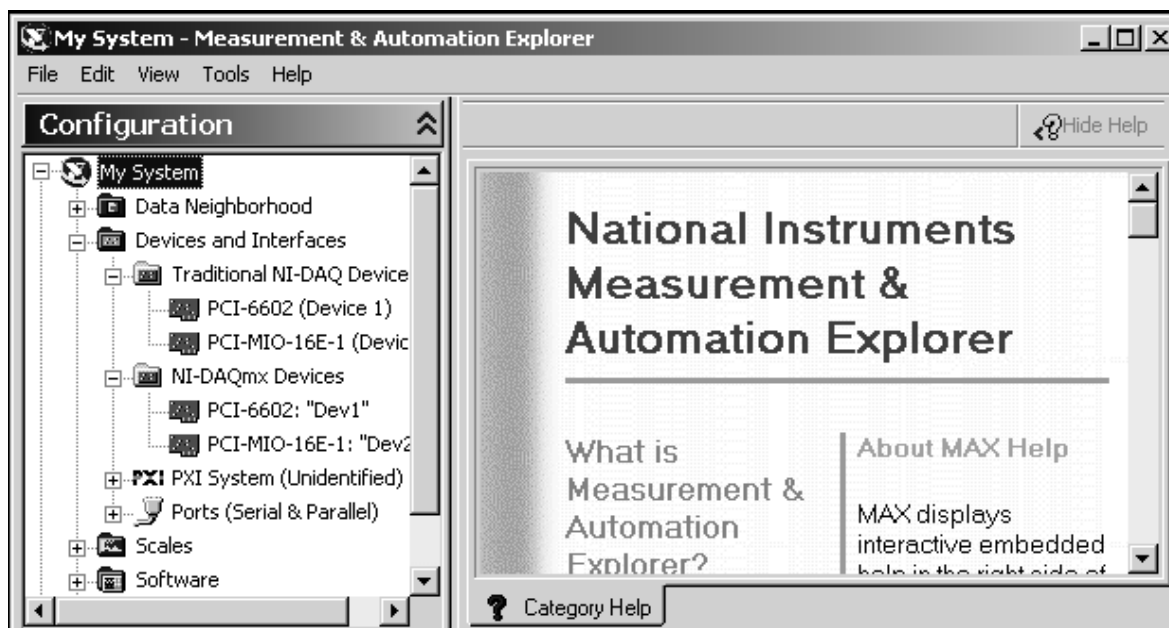
Slika 1. Model Gamma [2]



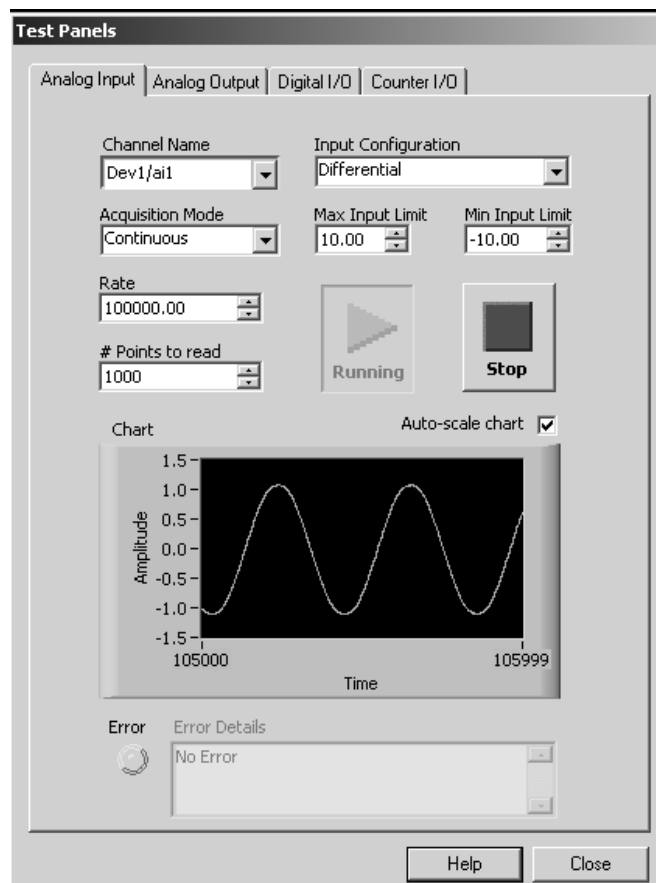
Slika 2. Spajanje senzora na prirubnicu robota [13]



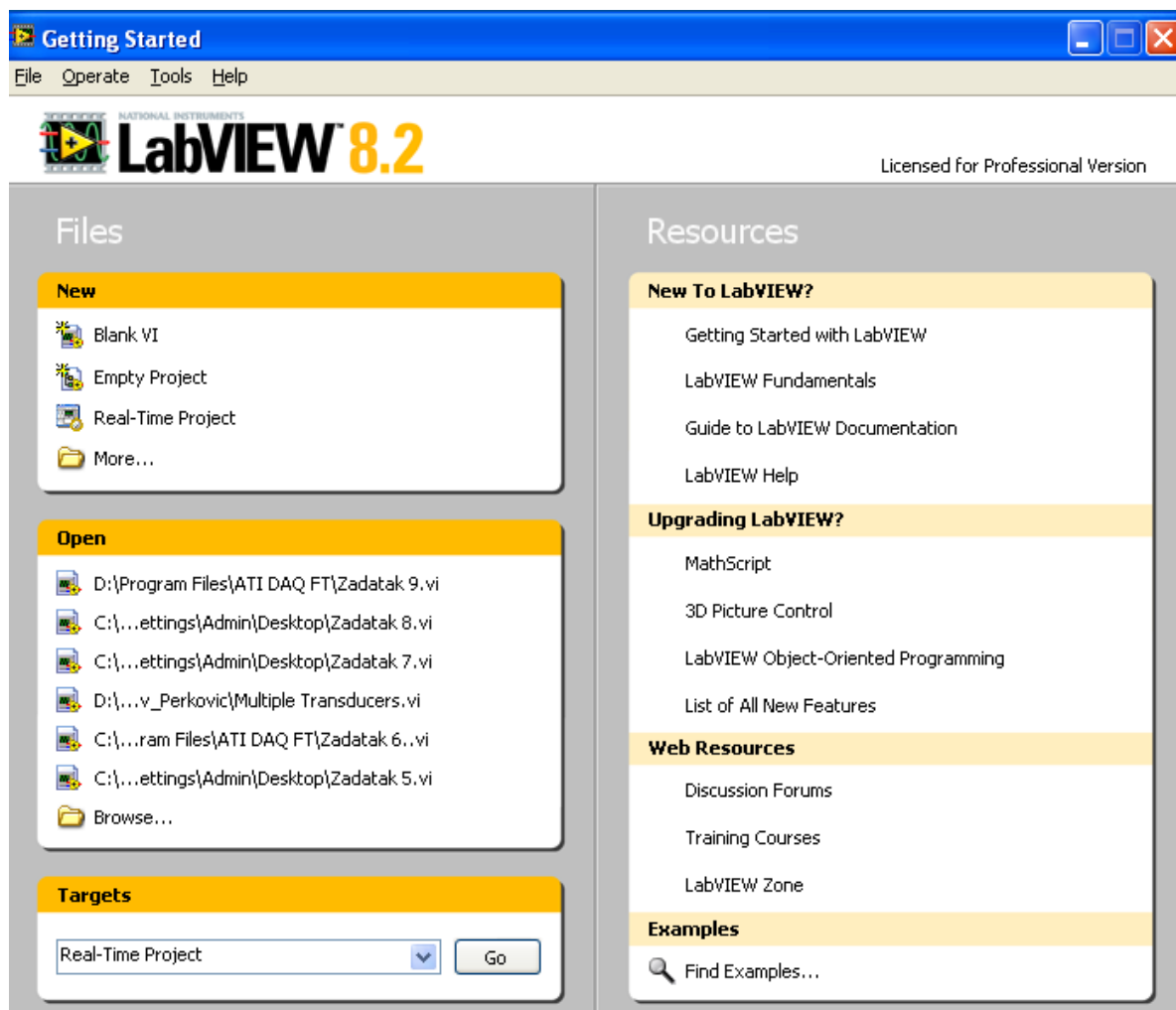
Slika 3. ATI-IA softver



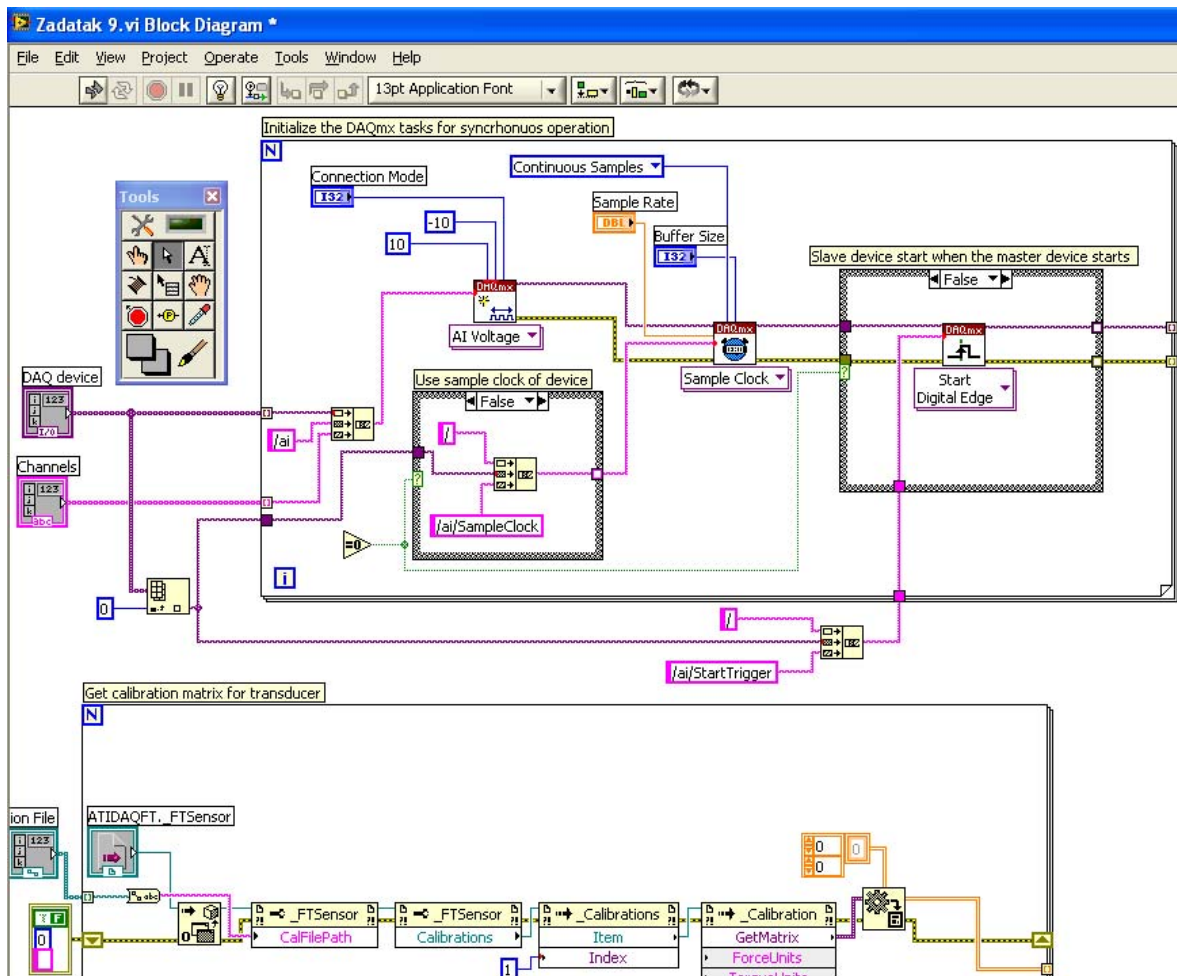
Slika 4. Prepoznavanje uređaja



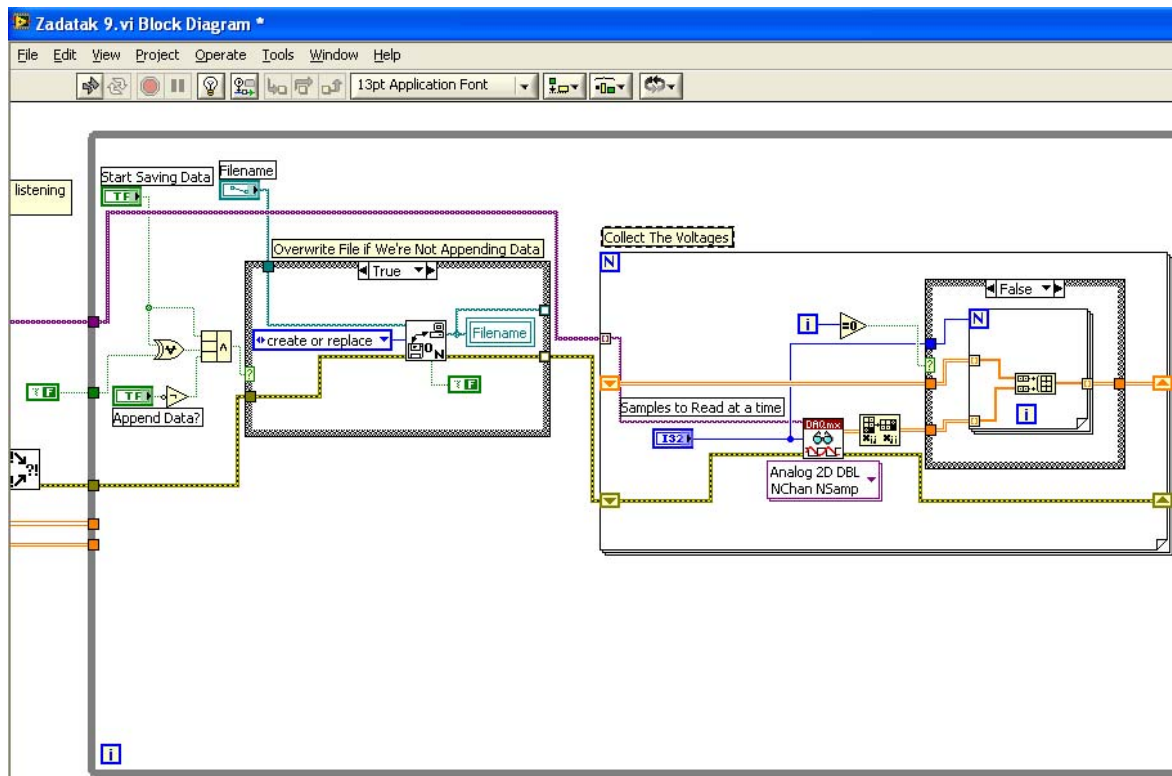
Slika 5. Primjer test panela



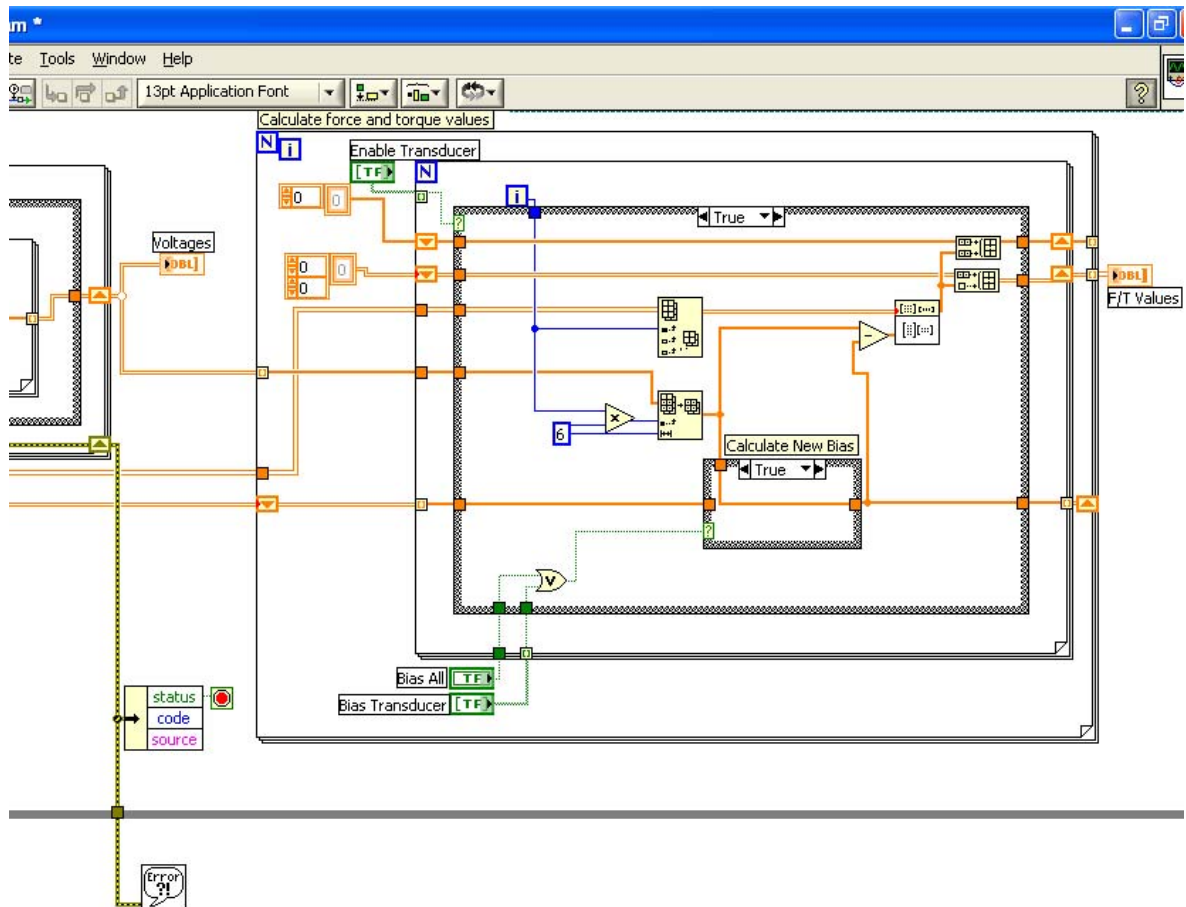
Slika 6. Početni prozor LabVIEW-a



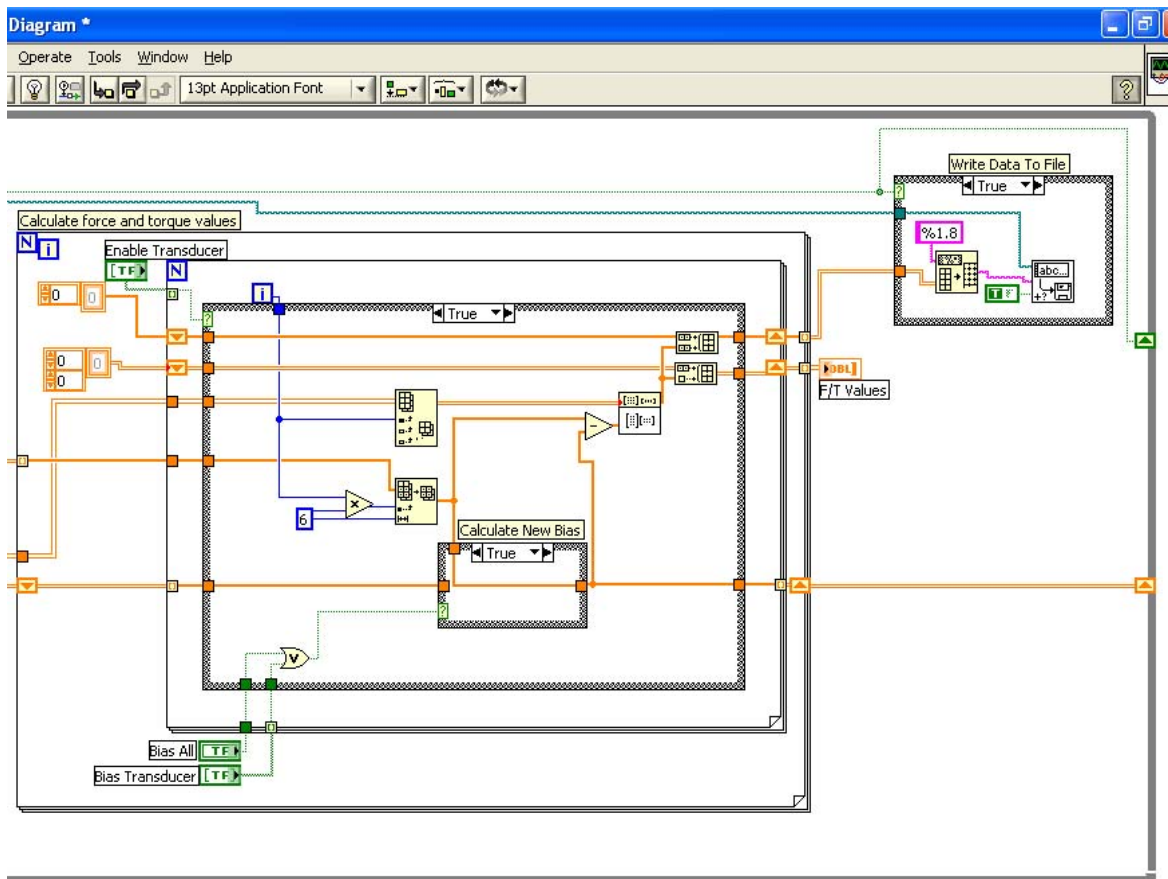
Slika 7. Popunjena gornja For Loop



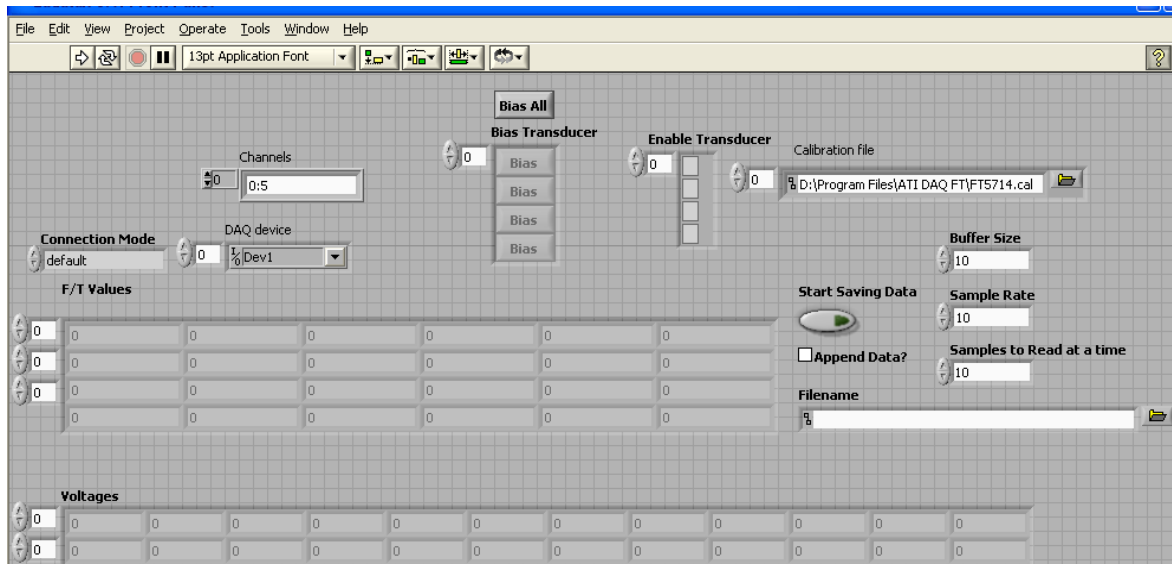
Slika 8. Sakupljanje podataka (napona)



Slika 9. Izračun vrijednosti sila i momenata



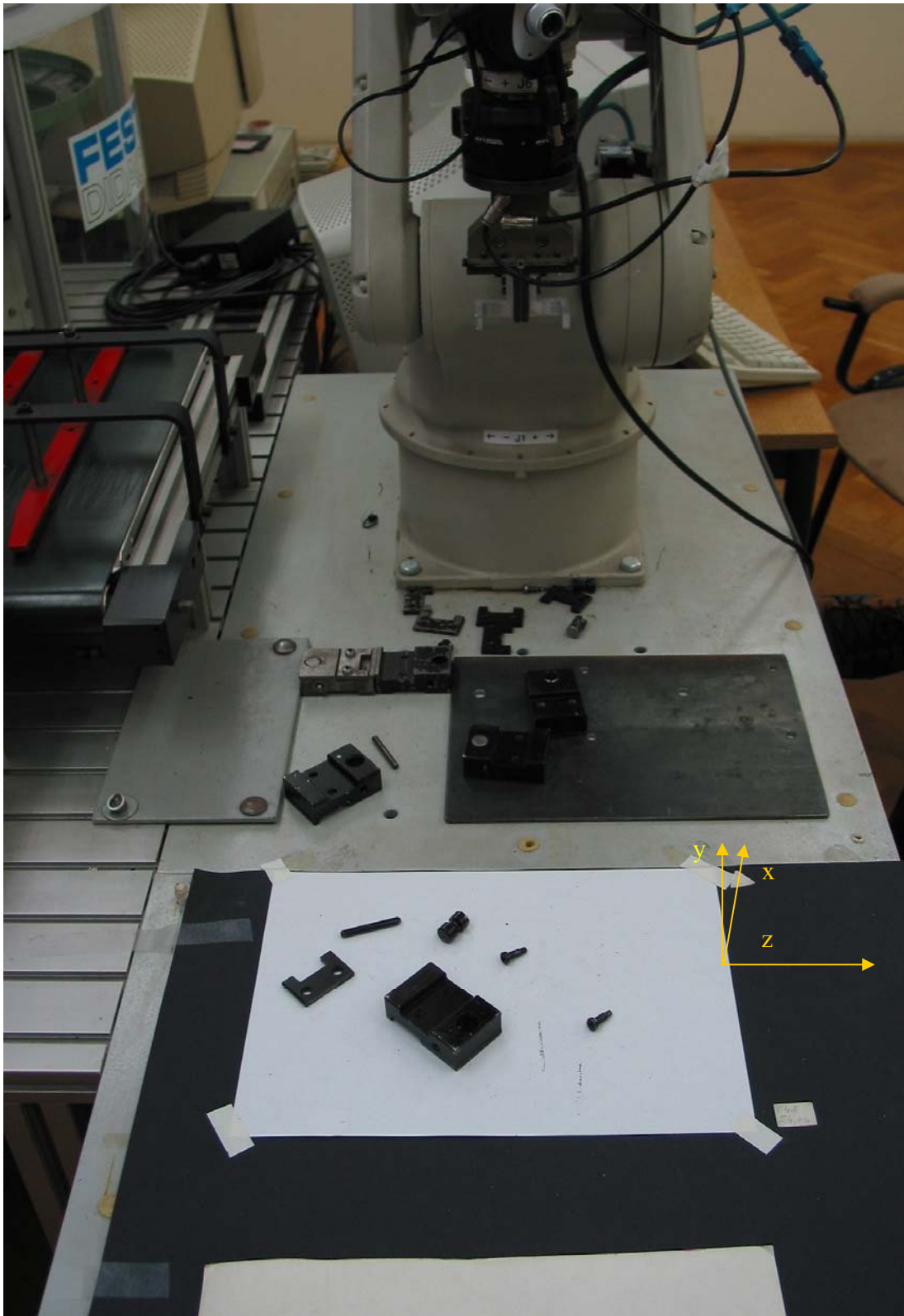
Slika 10. Upisivanje podataka u datoteku



Slika 11. Konačni front panel



## Zadaci sklapanja i rasklapanja



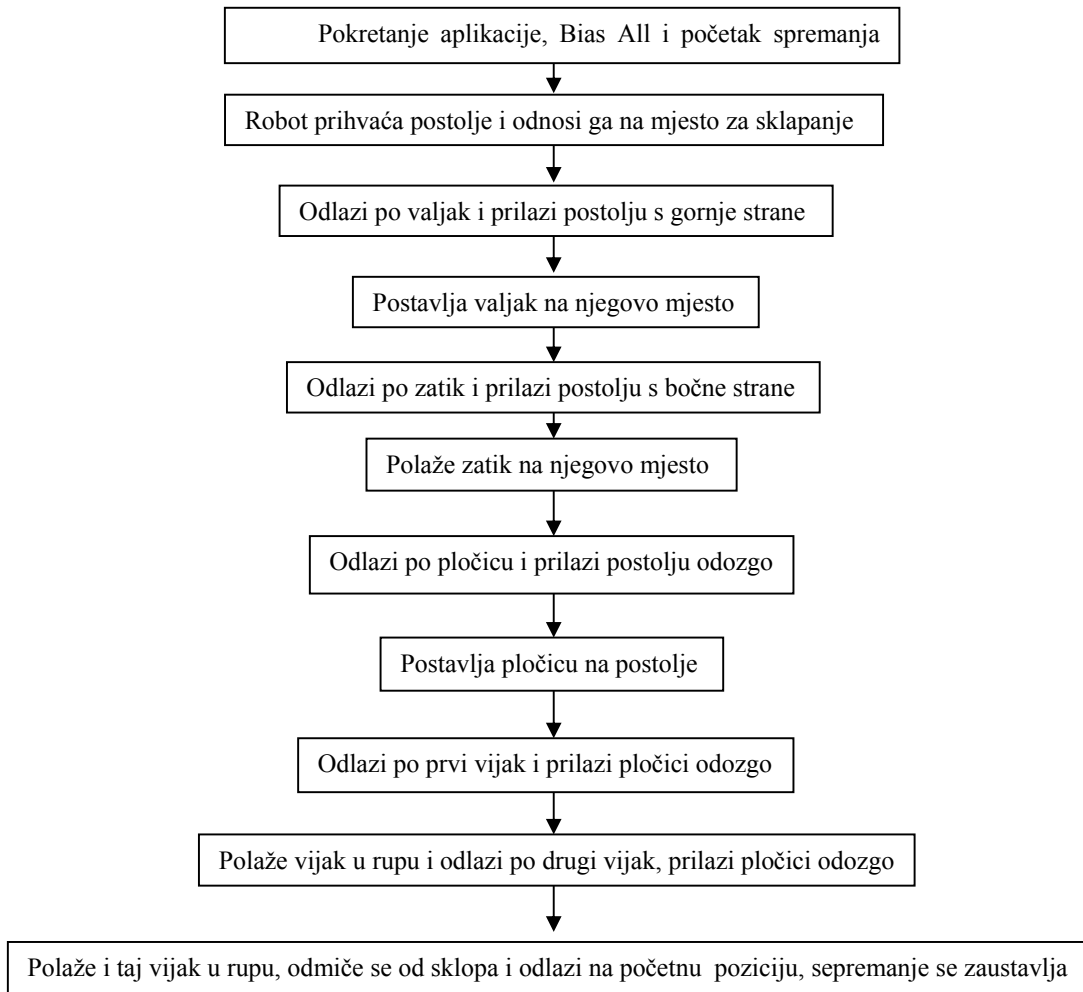
Slika 12. Robot i njegov radni prostor

## Zadatak sklapanja

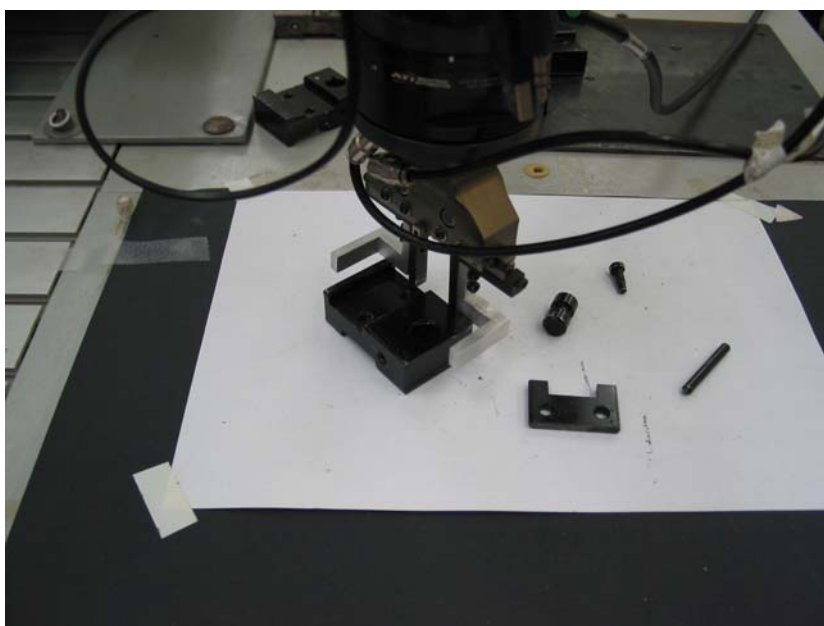
U ovome zadatku izvodi se sklapanje postolja, valjka, zatika, pločice i dvaju vijaka (Slika 13.), uz pomoć strojnog vida [13].



Slika 13. Dijelovi za sklapanje



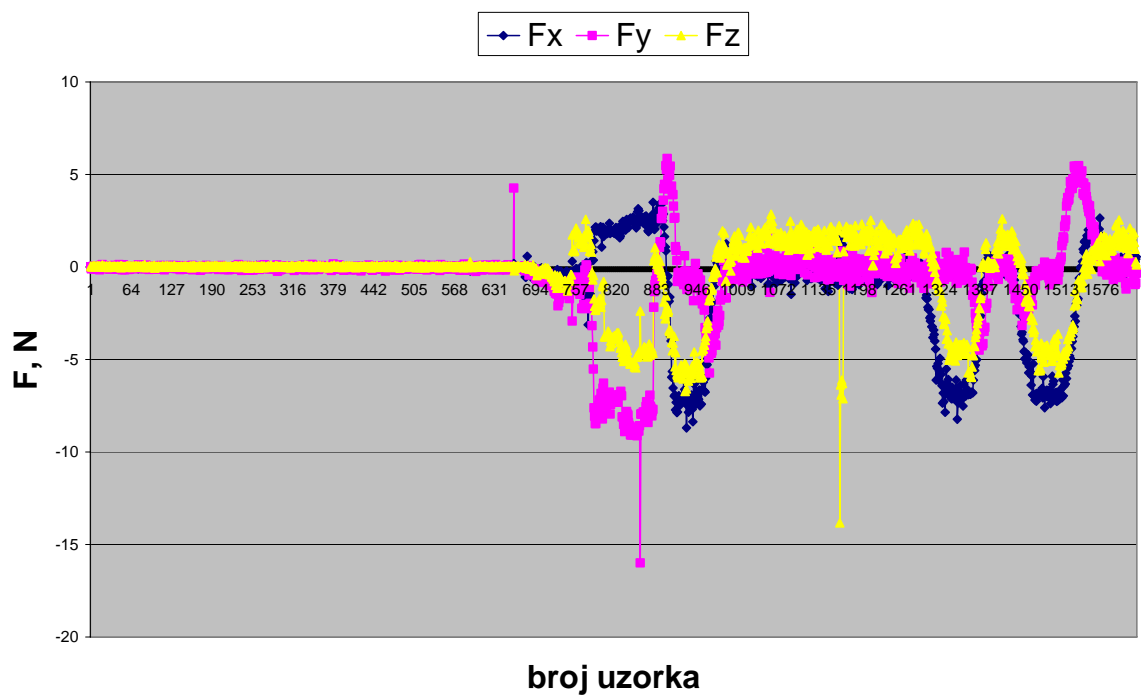
Slika 14. Dijagram toka za sklapanje



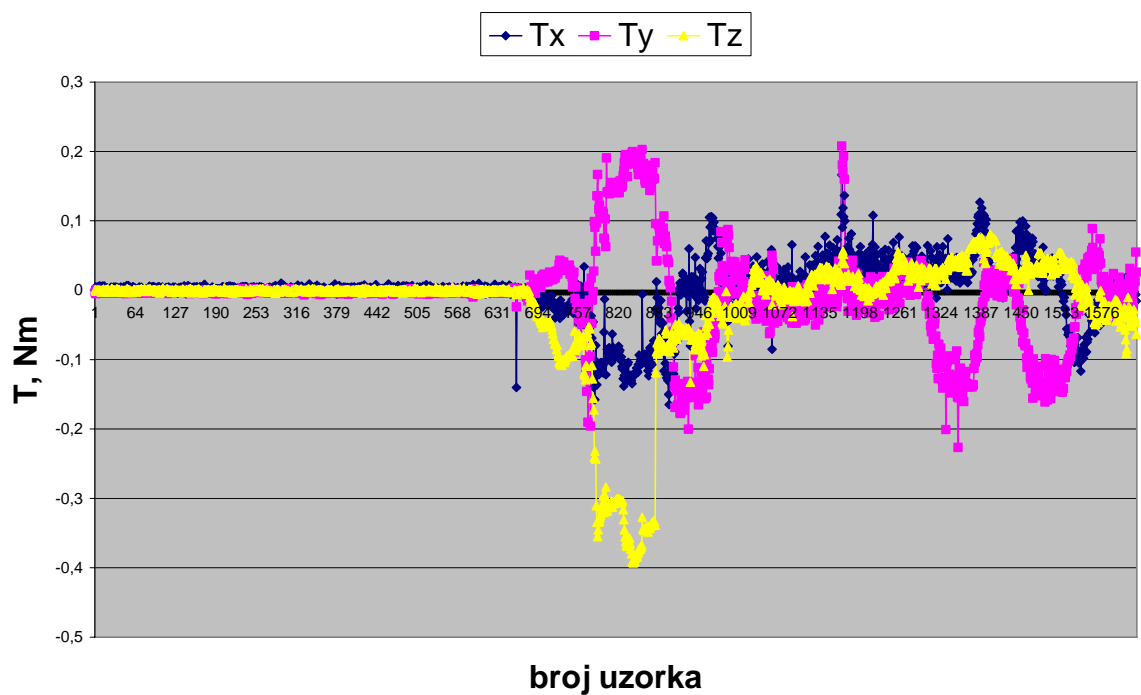
Slika 15. Uzimanje postolja



Slika 16. Gotovi sklop



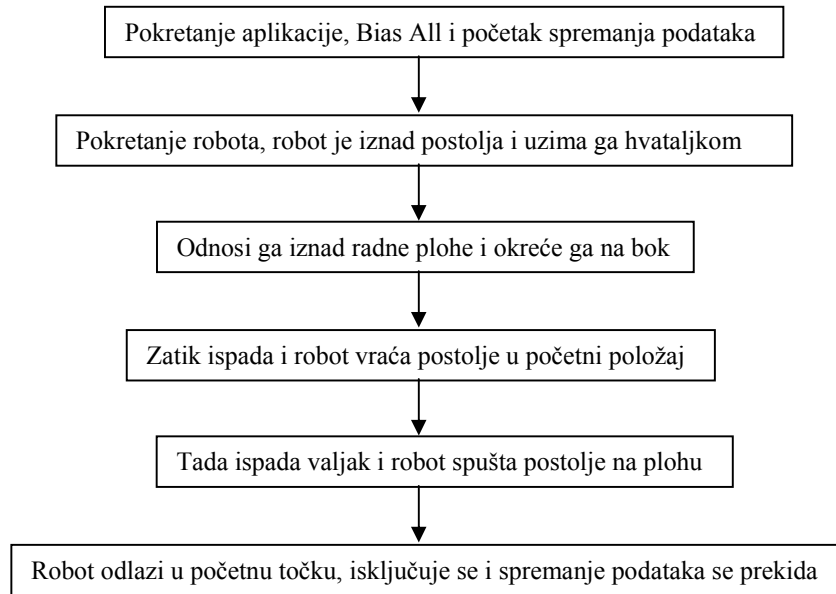
Slika 17. Sile sklapanja  $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$



Slika 18. Momenti sklapanja  $T_x$ ,  $T_y$  i  $T_z$

## Zadatak rasklapanja

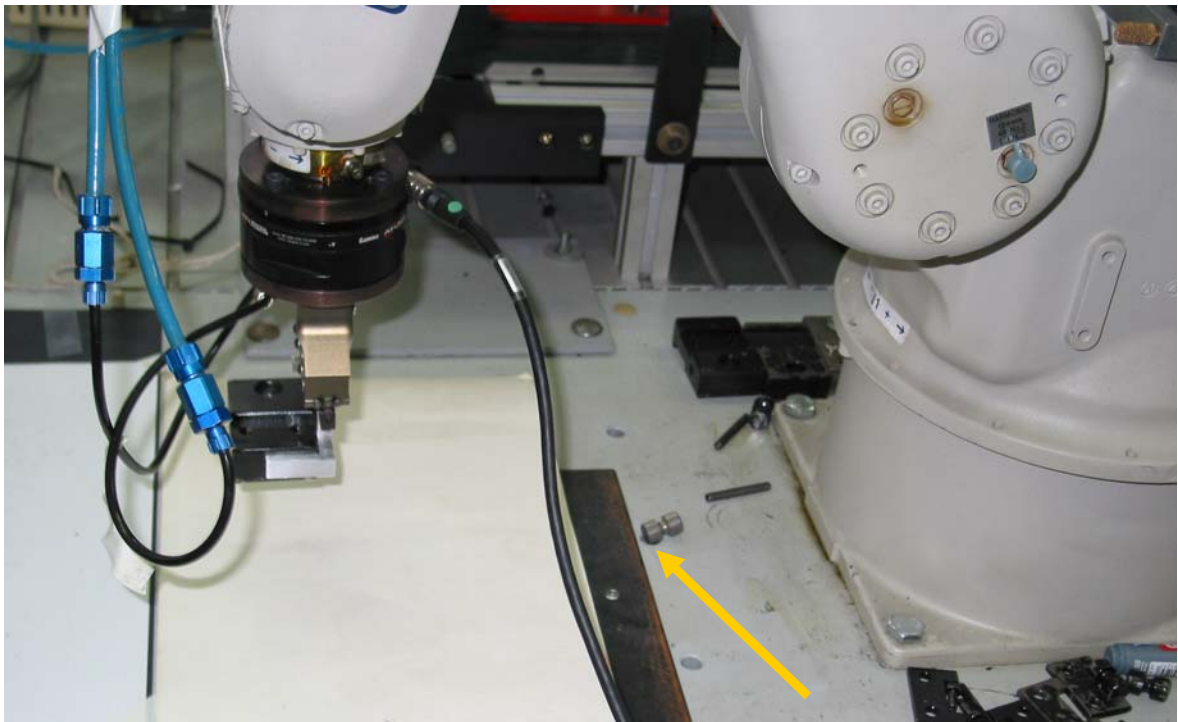
U zadatku rasklapanja, rasklopit će se sklop, koji se sastoji od postolja, valjka i zatika. Robot će okretanjem sklopa najprije omogućiti ispadanjem zatika, a zatim vraćenjem sklopa u početni položaj valjak ispada i zadatak je gotov.



Slika 19. Dijagram toka rasklapanja

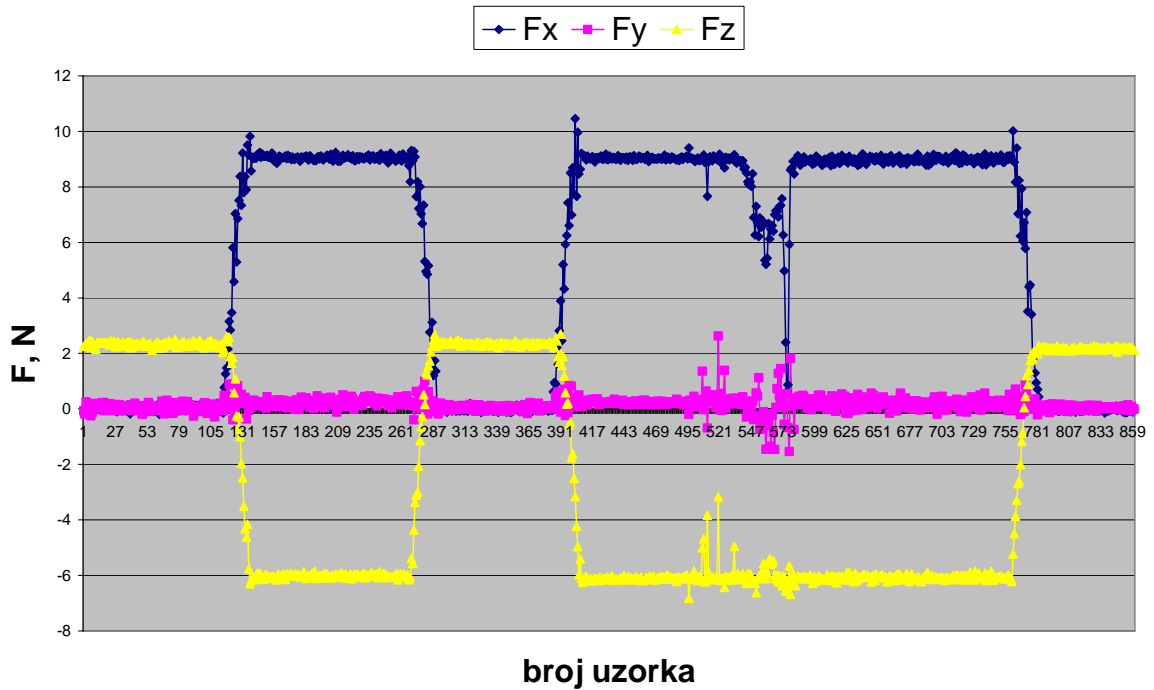


Slika 20. Robot sa sklopom u hvataljci

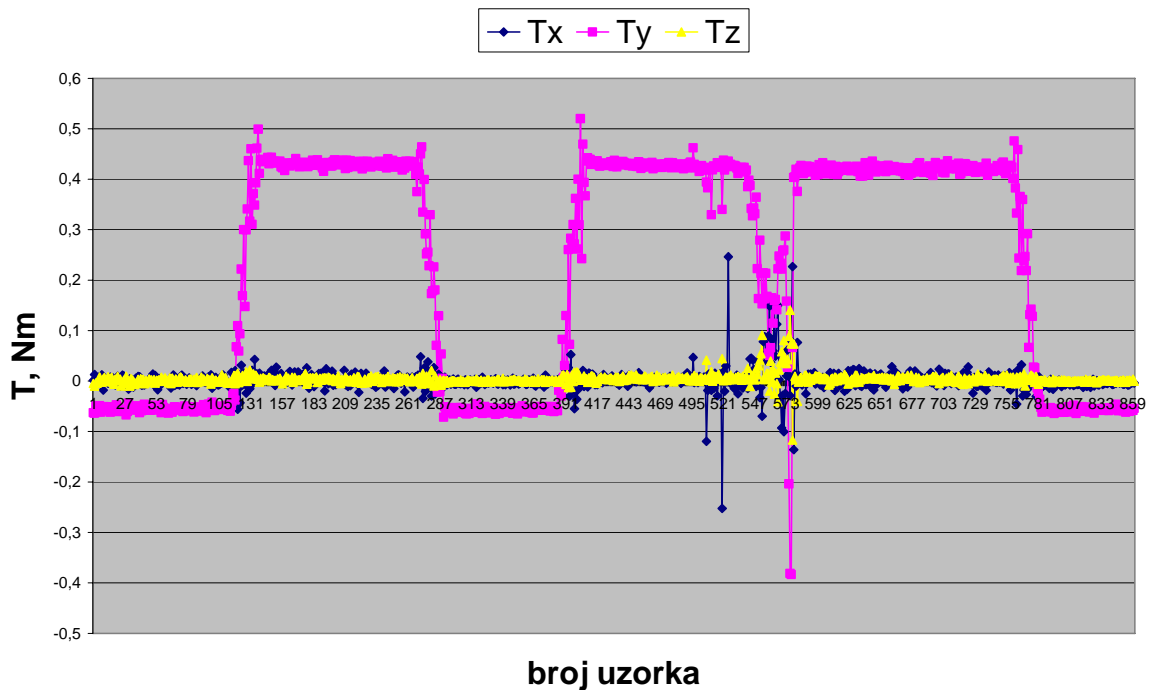


Slika 21. Ispali valjak

Slika 22. pokazuje kretanje sila  $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$  pri rasklapanju u istom grafu, na njemu je uočljivo da se maksimalna vrijednost za sile ostvaruje kod sile  $F_x$ , a minimalna vrijednost kod sile  $F_z$ . Ovaj prikaz daje vjernu sliku onoga što je već rečeno, a to je da su sile  $F_x$  i  $F_z$  značajnije za rasklapanje, dok je sila  $F_y$  praktično beznačajna. Jer kako se vidi na zajedničkom grafu ona je gotovo za vrijeme cijelog rasklapanja jednaka nuli.



Slika 22. Sile rasklapanja  $F_x$ ,  $F_y$  i  $F_z$



Slika 23. Momenti rasklapanja  $T_x$ ,  $T_y$  i  $T_z$