



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka



ODSEK ZA MEHATRONIKU

Smer: Mehatronika, robotika i automatizacija

PREDMETNI ZADATAK

-Digitalna upravljačka elektronika-

Članovi tima:

1. Nikola Ristić
2. Milan Šaponjić

Mentor projekta:

1. Dr Vladimir Rajs

Sadržaj:

1. Uvod	2
2. Teorijske osnove	3
3. Elektropneumatski razvodni ventil	4
4. Upravljačko rešenje	5
5. Opis rada sistema	6
6. Mašina stanja	9
6.1. Čekanje	10
6.2. Odbrojanje	10
6.3. Terapeutski tretman	10
7. Zaključak	11
8. Literatura	12
9. Prilog	13

1. Uvod

Vazduh pod pritiskom predstavlja jedan od najprimenjenijih energetskih izvora procesa rada moderne industrije. Glavnu prednost pneumatskog sistema predstavlja mogućnost automatizacije raznih procesa koji mogu da ugroze životnu sredinu ukoliko bi se koristila drugačija forma automatizacije za realizaciju funkcija postrojenja.

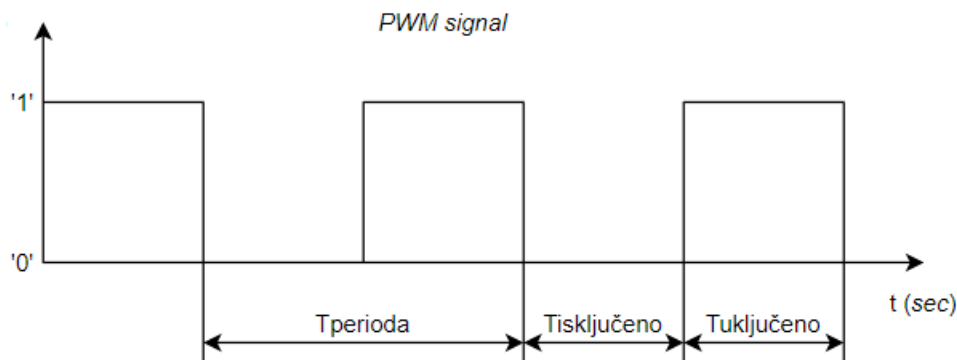
Cilj projektnog zadatka predstavlja rešenje za implementaciju korisničkog interfejsa koji omogućava upravljanje pneumatskog 3/2 monostabilnog električno aktiviranog ventila primenom impulsne širinske modulacije (*PWM*). Neophodno je obezbediti podešavanje svih parametara upravljačke veličine po želji korisnika, kao i grafički prikaz istih na displeju.

Navedeni način upravljanja primenjuje se kod elektropneumatskih pulzatora raznih namena. Oni predstavljaju izvršne organe koji zahtevaju brze oscilacije vazduha pod pritiskom da bi izvršili zadatak za koji se koriste. Aplikacija koja će se postići ovim projektom koristiće se za aktuator koji se primenjuje u medicinskoj industriji. Radi se o pulzatoru koji generiše udarne talase koji umanjuju bol sportskih povreda (*shock wave therapy*) [1].

U okviru ovog rešenja postoje sedam poglavlja. Prvo poglavlje predstavlja uvod gde se definišu zadatak i cilj rešenja zadatka. U okviru drugog poglavlja su definisane sve teorijske osnove vezane za upravljačko rešenje koje je korišćeno u projektu. U trećem poglavlju opisan je princip rada elektropneumatskog razvodnog ventila. U četvrtom poglavlju prikazan je način realizacije upravljanja razvodnika, dok je u petom poglavlju predstavljen opis rada postignutog sistema. U šestom poglavlju prikazana je mašina stanja na čijem principu je zasnovan rad postrojenja. Na kraju, u sedmom poglavlju napisan je zaključak svega što je razrađeno.

2. Teorijske osnove

Impulsno širinska modulacija predstavlja čestu tehniku upravljanja raznih izvršnih organa u industriji. Napon se dovodi do aktuatora kao serija impulsa u određenim vremenskim razmacima. Na slici 2.1.prikazan je *PWM* signal.



Slika 2.1.- *PWM* signal

Karakteristike *PWM* signala koje značajno utiču na funkcionisanje razvodnog ventila su frekvencija

$$f = \frac{1}{T_{perioda}} \text{ (Hz)} \quad (1)$$

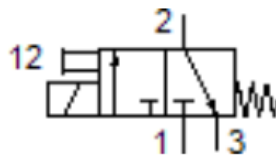
i faktor ispune koji se definiše kao

$$a = \frac{T_{uključeno}}{T_{perioda}} * 100 \text{ (\%)} \quad (2)$$

gde je $T_{perioda}$ perioda impulsno širinske modulacije, a $T_{uključeno}$ je vreme trajanja logičkog '1' signala. Navedeni parametri će biti promenljive vrednosti koje će korisnik moći da podešava po sopstvenoj želji. Takođe, broj impulsa će se snimati u memoriju kako bi se mogla voditi evidencija o broju promena stanja ventila. Ovo je važno pošto takva informacija definiše radni vek pneumatske upravljačke komponente.

3. Elektropneumatski razvodni ventil

Elektropneumatski razvodni ventili se primenjuju za usmeravanje toka vazduha pod pritiskom. Na slici 3.1. prikazan je simbol 3/2 monostabilnog električno aktiviranog razvodnog ventila. Navedeni prikaz se koristi u elektropneumatskim šemama. U električnim kolima razvodnik se modeluje kao serijska veza otpornika i kalema.



Slika 3.1.- Simbol 3/2 monostabilnog električno aktiviranog ventila

Dovođenjem napona na električni ulaz razvodnika, isti prelazi u otvoreno stanje pri čemu propušta vazduh pod pritiskom. U suprotnom je u zatvorenom stanju usled dejstva sile opruge, pri čemu ne propušta vazduh.

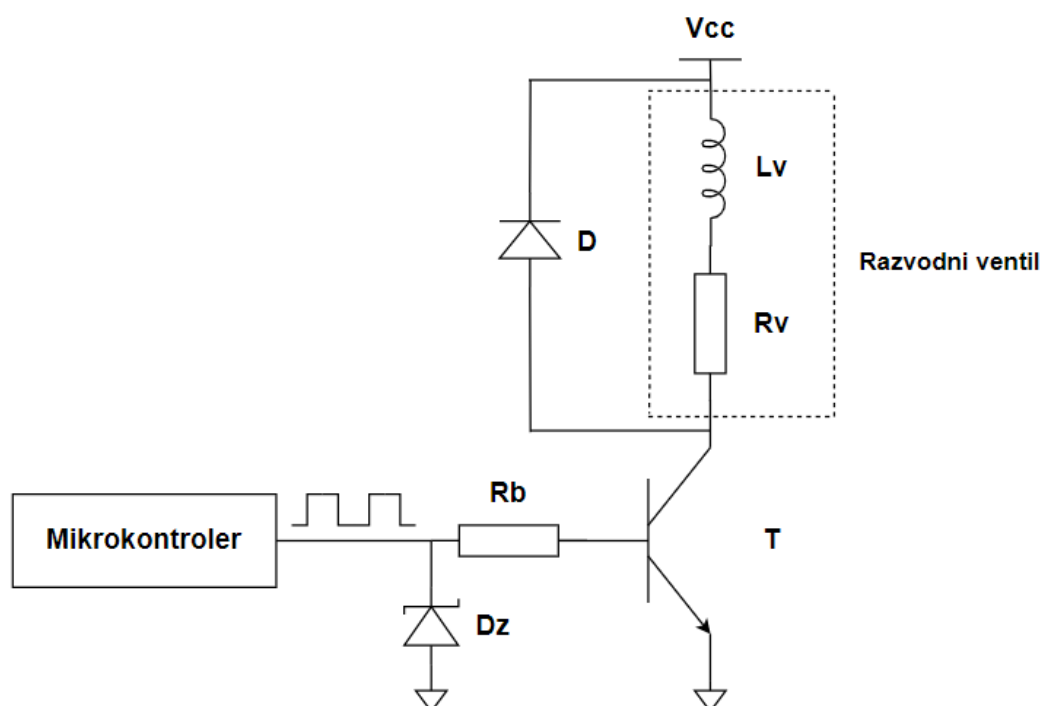
Razvodni ventil čije će se upravljanje dizajnirati je *MHE3-M1H-3/2G-1/8-K* od kompanije *Festo*. Tehničke specifikacije navedene komponente su date u prilogu 1, dok je njen prikaz dat na slici 3.2.



Slika 3.2.- Festov MHE3-M1H-3/2G-1/8-K razvodni ventil

4. Upravljačko rešenje

Kako bi se postigao pneumatski *PWM* signal na izlazu razvodnog ventila, potrebno je dovesti povorku impulsa na električni ulaz istog. Međutim, nominalni napon napajanja navedene komponente je 24 V DC . Iz tog razloga ne može se izlazni pin mikrokontrolera povezati direktno na ulaz razvodnika. Umesto toga, koristiće se *NPN* prekidački tranzistor na čiju bazu će se dovoditi serija električnih impulsa koje proizvodi mikrokontroler, dok će se ventil nalaziti u kolektorskoj grani. Slika rešenja upravljanja je data na slici 4.1.



Slika 4.1.- Rešenje upravljanja

Mikrokontroler koji će se koristiti za postizanje potrebnog funkcionisanja sistema je *ATmega32*. Navedena komponenta sadrži sve funkcije koje su neophodne za ostvarivanje željenog rada sistema.

5. Opis rada sistema

Korisnički interfejs predstavlja upravljačka tabla koja sadrži sve potrebne funkcije za ostvarivanje željenog upravljanja. Slika navedene table prikazana je na slici 5.1.



Slika 5.1.- Upravljačka tabla

Odvrtanjem sigurnosnog *total stop* prekidača i pritiskom na prekidač za napajanje, sistem počinje da se snabdeva sa 24 V DC. Navedena energija dobija se iz ispravljača koji je konektovan posredstvom *power jack* priključka na kontrolnu tablu.

LED dioda ima funkciju indikatora u sistemu. U tabeli 5.1. prikazane su sve moguće boje kojim dioda može da sija u skladu sa sistemskim dešavanjima koje signalizira.

BOJA	INDIKACIJA
CRVENA	MAŠINA JE U STANJU ČEKANJE
ŽUTA	MAŠINA JE U STANJU ODBROJAVANJE
ZELENA	MAŠINA JE U STANJU TERAPEUTSKI TRETMAN
BIJELA	KRATKO TREPERENJE PRI USPOSTAVLJANJU NAPAJANJA
PLAVA	TASTER JE PRITISNUT

Tabela 5.1. Lista boja RGB LED diode i njihova indikacija

Slično *LED* diodi, pištalica isto služi kao indikatorski modul u sistemu. Svakim pritiskom na bilo koji taster ona se oglašava. Takođe, pištalica se oglašava ukoliko je trenutni broj impulsa jednak željenom broju impulsa čime se označava kraj promena stanja razvodnog ventila.

Graphic liquid crystal display (GLCD) prikazuje sve parametare i njihove vrednosti korisniku. Rezolucija se podešava zakretanjem potenciometra. Na slici 5.2. može se videti sadržaj na ekranu displeja.



Slika 5.1.- Sadržaj ekrana displeja

Korisnik može da menja vrednosti *OCR1A* i *OCR1B*, kao i vrednost preskalera i željenog broja impulsa (na ekranu navedeno pod oznakom *IMPULSI*). Posle podešavanja navedenih parametra, računaju se nove vrednosti frekvencije i faktora ispunje, nakon čega se prikazuju na ekranu. Suma impulsa, kao i željeni broj impulsa se inkrementiraju svaki put kada se desi jedna perioda upravljačkog signala. *OCR1A* je vrednost šesnaestobitnog registra primenjenog mikrokontrolera koji utiče na periodu izlaznog signala, dok vrednost registra *OCR1B* utiče na faktor ispunje. Za detaljnije informacije o predstavljenim parametrima, pogledati *datasheet* mikrokontrolera *ATmega32*.

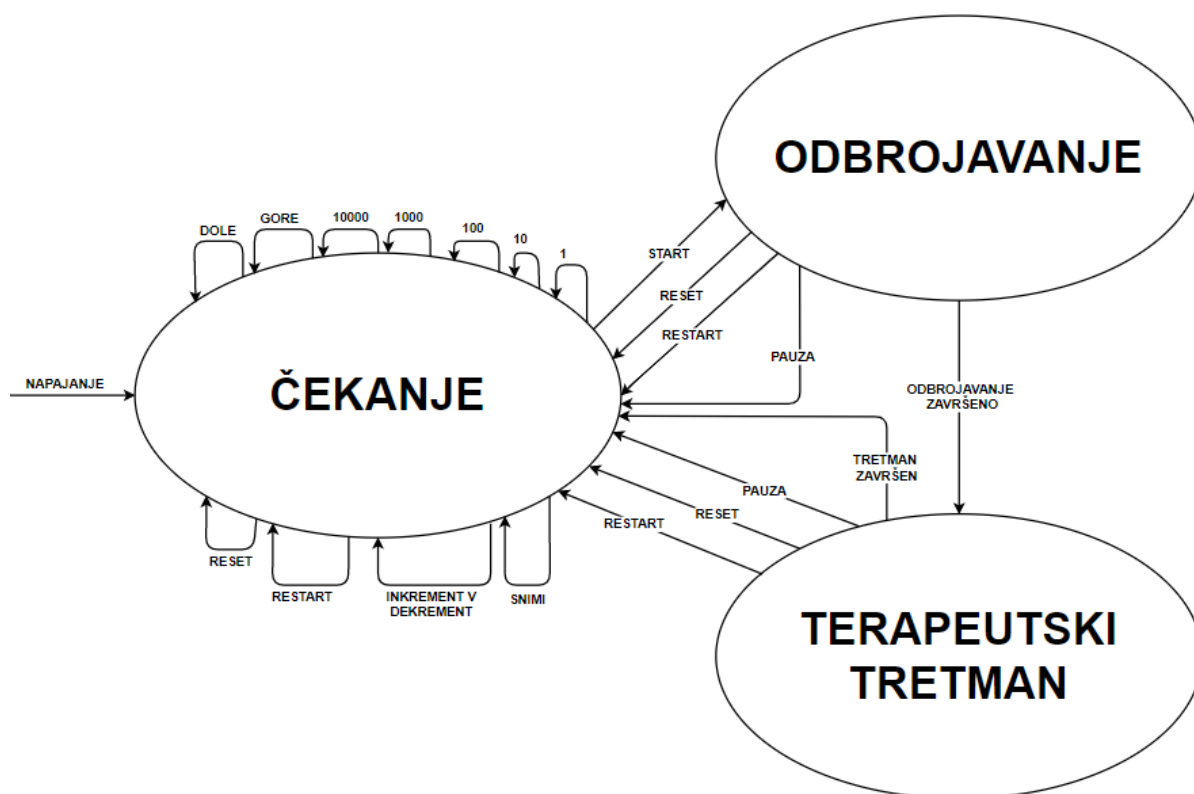
Tasterima *gore* i *dole* menja se pozicija kursora na ekranu. Kursor pokazuje koji parametar je korisnik odabrao da podešava.

Položaj kliznog prekidača određuje da li će se vrednost na koju pokazuje kursor inkrementirati ili dekrementirati. Strelica u gornjem desnom ćošku ekrana displeja prikazuje u kojem položaju se isti nalazi. Tasteri *1*, *10*, *100*, *1000* i *10000* definišu korak inkrementacije, odnosno dekrementacije. Pritiskom bilo kojeg od navedenih tastera menja se vrednost parametra na koji pokazuje kursor, dok se pritiskom na taster *SNIMI* trenutne podešene vrednosti postaju standardne pri paljenju sistema.

Pritiskom tastera *START* pokreće se radni režim mašine čime se propušta vazduh pod pritiskom kroz razvodni ventil u zavisnosti od stanja impulsno širinske modulacije. Tada se broje periode *PWM* signala sve dok ne budu jednaki broju željenih impulsa, nakon čega prestaje postojanje upravljačkog signala u sistemu. Pritiskom na taster *PAUZA* zaustavlja se rad sistema i impulsi prestaju da se inkrementiraju. Ukoliko se pritisne *RESET*, izbrojani impulsi će se resetovati na nulu, a ako se navedeni taster drži duže od 5 sekundi resetovaće se i suma impulsa. Pritiskom na dugme *RESTART* pokreće se *watchdog timer* reset primenjenog mikrokontrolera.

6. Mašina stanja

Rad sistema zasnovan je na principu mašine stanja. Blok dijagram je prikazan na slici 6.1.



Slika 6.1.- Mašina stanja

Kao što se može videti sa slike, mašina sadrži tri moguća stanja. Takođe, postoje šesnaest različitih mogućih događaja. Na slici 5.1. može se primetiti na osnovu nalepnica koja hardverska komponenta uzrokuje koji događaj. U tabeli 6.1. predstavljeni su svi mogući događaji, kao i njihove funkcije.

NAZIV	FUNKCIJA
GORE	POMERA KURSOR ZA JEDAN RED GORE
DOLE	POMERA KURSOR ZA JEDAN RED DOLE
1	U ZAVISNOST OD POLOŽAJA KLIZNOG PREKIDAČA, INKREMENTIRA ILI DEKREMENTIRA VREDNOST NA KOJU KURSOR POKAZUJE ZA 1
10	U ZAVISNOST OD POLOŽAJA KLIZNOG PREKIDAČA, INKREMENTIRA ILI DEKREMENTIRA VREDNOST NA KOJU KURSOR POKAZUJE ZA 10
100	U ZAVISNOST OD POLOŽAJA KLIZNOG PREKIDAČA, INKREMENTIRA ILI DEKREMENTIRA VREDNOST NA KOJU KURSOR POKAZUJE ZA 100
1000	U ZAVISNOST OD POLOŽAJA KLIZNOG PREKIDAČA, INKREMENTIRA ILI DEKREMENTIRA VREDNOST NA KOJU KURSOR POKAZUJE ZA 1000
10000	U ZAVISNOST OD POLOŽAJA KLIZNOG PREKIDAČA, INKREMENTIRA ILI DEKREMENTIRA VREDNOST NA KOJU KURSOR POKAZUJE ZA 10000
START	ZAPOČINJE ODBROJAVANJE PRE PRELASKA MAŠINE U STANJE <i>TERAPEUTSKI TRETMAN</i>
SNIMI	UZROKUJE DA TRENUTNE PODEŠENE VREDNOSTI PARAMETARA NA EKRANU DISPLEJA BUDU STANDARDNE PRI PALJENJU SISTEMA
PAUZA	ZAUSTAVLJA ODBROJAVANJE ILI TERAPEUTSKI TRETMAN I VRAĆA SISTEM U STANJE <i>ČEKANJE</i>
RESET	ZAUSTAVLJA ODBROJAVANJE ILI TERAPEUTSKI TRETMAN I VRAĆA SISTEM U STANJE <i>ČEKANJE</i> . TAKOĐE, RESETUJE BROJ IMPULSA NA NULU
RESTART	UZROKUJE WATCHDOG TIMER RESET PRIMENJENOG MIKROKONTROLERA
INKREMENT V DEKREMENT	ODREĐUJE DA LI ĆE SE VREDNOST NA KOJU POKAZUJE KURSOR INKREMENTIRATI ILI DEKREMENTIRATI PRI MENJANJU NJENE VREDNOSTI
ODBROJAVANJE ZAVRŠENO	UZROKUJE PROMENU STANJA MAŠINE U STANJE <i>TERAPEUTSKI TRETMAN</i>
TRETMAN ZAVRŠEN	UZROKUJE POVRATAK MAŠINE U STANJE <i>ČEKANJE</i>
NAPAJANJE	ZAPOČINJE RAD SISTEMA

Tabela 6.1. Lista događaja i njihovih funkcija

6.1. Čekanje

Uspostavljanjem napajanja sistema, mašina se postavlja u svoje početno stanje (*čekanje*). Ovaj režim namenjen je za podešavanje vrednosti parametara koji su prikazani na ekranu displeja, kao i za njihovo snimanje. Za vreme njegovog trajanja ne postoji *PWM* signal koji deluje na razvodni ventil. *LED* dioda svetli crvenom bojom ukoliko je aktivno navedeno stanje i ako se ne dešava bilo koji događaj u sistemu.

6.2. Odbrojavanje

Pre početka terapijskog tretmana, odbrojavaju se 4 sekunde. Ova funkcija je ugrađena iz sigurnosih razloga jer je moguće da korisnik slučajno pritisne taster za start. U ovom stanju takođe ne postoji impulsno širinska modulacija na električnom ulazu razvodnika. Boja *LED* diode koja signalizira opisano stanje je žuta.

6.3. Terapeutski tretman

Nakon završetka odbrojavanja, mašina prelazi u stanje *terapeutski tretman*. Ovim korakom pojavljuje se podešeni električni *PWM* signal koji uzrokuje promene stanja razvodnog ventila. Samim tim postigla se i pneumatska impulsno širinska modulacija na izlazu sistema. Za vreme trajanja navedenog stanja, *LED* dioda svetli zelenom bojom. Povratak u stanje *čekanje* automatski će se desiti kada izvršeni broj perioda izlaznog signala bude jednak željenom broju impulsa koji se može videti na ekranu displeja.

7. Zaključak

U okviru projekta razrađen je detaljan postupak formiranja upravljanja za 3/2 monostabilni električno aktivirani razvodni ventil što predstavlja čest inženjerski zadatak u oblasti elektropneumatike. Prikazane su teorijske osnove na kojem je bazirano upravljanje, kao i princip rada upotrebljenog razvodnika. Na kraju je pokazana ostvarena upravljačka tabla koja je namenjena za postizanje upravljanja u zavisnosti od želje korisnika, kao i mašina stanja na čijem principu je zasnovan rad postrojenja.

Prednost postignutog rešenja predstavlja fleksibilnost u podešavanju svih parametara upravljanja. Sledeći korak mogao bi da obuhvati procedure za regulaciju pritiska i protoka vazduha pod pritiskom kroz razvodni ventil, kako bi se postigla još veća fleksibilnost upravljanja.

8. Literatura

- [1] Robin O. Cleveland, Parag V. Chintis and Scott R. McClure, *Acoustic field of a ballistic shock wave therapy device*

9. Prilog

Prilog 1:

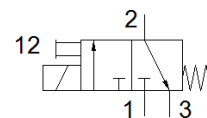
Elektromagnetni ventil

MHE3-M1H-3/2G-1/8-K

Broj artikla: 525148

FESTO

Sa kablom



Tehnički podaci

Svojstvo	Vrednost
Funkcija ventila	3/2 zatvoren, monostabilan
Način aktiviranja	električno
Širina	14 mm
Normalni nazivni protok	200 l/min
Pogonski pritisak	-0,9 ... 8 bar
Konstruktivna struktura	pritisno rasterećeni sedišni ventil
Vrsta resetovanja	mehanička opruga
Mehanička zaštita	IP65
Dozvola	c UL us - Recognized (OL)
Nazivni prečnik	3 mm
Mera mreže	19 mm
Odzračna funkcija	se može prigušiti
Princip zaptivanja	mekano
Položaj ugradnje	proizvoljno
Ručno pomoćno aktiviranje	Dodirno
Vrsta upravljanja	direktno
Smer protoka	reverzibilno sa ograničenjima
Overlap	Underlap
Pogonski pritisak, reverzibilno	-0,9 ... 1 bar
Maks. frekvencija prekidača	130 Hz
Vreme isključenja	4,5 ms
Vreme uključenja	8,3 ms
Trajanje uključenosti	100 %
Parametri kalema	24 V DC: 3.7 W
Dozvoljena kolebanja napona	+/- 10 %
Pogonski medijum	Kompresovani vazduh prema ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Napomena o mediju pogona i upravljanja	Nauljeni pogon je moguć (u daljnjem pogonu potreban)
Otpornost na vibracije	Ispitivanje transporta sa stepenom težine 2 prema FN 942017-4 i EN 60068-2-6
Udarne čvrstoća	Shock test with severity level 2 in accordance with FN 942017-5 and EN 60068-2-27
Klasa korozione otpornosti KBK	2 - Moderate corrosion stress
Temperatura medijuma	-5 ... 60 °C
Temperatura okoline	-5 ... 60 °C
Težina proizvoda	120 g
Električni priključak	Kabl
Dužina kabla	2,5 m
Vrsta pričvršćenja	sa prolaznim otvorom
Pneumatski priključak 1	G1/8
Pneumatski priključak 2	G1/8
Pneumatski priključak 3	G1/8
Materijal - napomena	Bez bakra i PTFE-a RoHS komfornost
Material seals	HNBR

Svojstvo	Vrednost
	NBR
Material housing	Cink presvučeno
Material cable sheath	PUR
Material screws	Čelik pocinkovano

Prilog 2:



Prilog 3:

