

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

Matic Štros

POENOSTAVLJEN SISTEM ZA SAMODEJNO BOČNO PARKIRANJE

DIPLOMSKO DELO VISOKOŠOLSKEGA STROKOVNEGA ŠTUDIJA

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

Matic Štros

POENOSTAVLJEN SISTEM ZA SAMODEJNO BOČNO PARKIRANJE

DIPLOMSKO DELO VISOKOŠOLSKEGA STROKOVNEGA ŠTUDIJA

Mentor: doc.dr. Janez Puhan

Ljubljana, 2014

ZAHVALA

Ob zaključku svoje diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju, dr. Janezu Puhanu, za vso strokovno pomoč in podane nasvete.

Posebna zahvala gre mojim staršem, ki so mi omogočili študij, in vsem ostalim sorodnikom in prijateljem, ki so mi ves čas študija stali ob strani in me bodrili s spodbudnimi besedami.

POVZETEK

Diplomsko delo prikazuje poenostavljen sistem bočnega parkiranja na modelu vozila. Sistemi za bočno parkiranje se že pojavljajo v avtomobilski industriji in so zmožni detekcije praznega parkirnega mesta ter vožnje v parkirni prostor. Prednost takega sistema, vgrajenega v vozilo, je v tem, da lajša bočno parkiranje, ki ga mnogi neizkušeni vozniki ne obvladajo.

Sistem bočnega parkiranja je narejen na šolskem razvojnem sistemu (MIŠKO), ki je bil razvit na Fakulteti za elektrotehniko. Celotni sistem krmili mikrokontroler AVR ATmega324A. Programska koda sistema je bila izvedena v programu Atmel Studio 6.0, v jeziku C. Program je razdeljen na več sklopov, vsak sklop pa skrbi za delovanje določene komponente. Model vozila vsebuje pet komercialnih ultrazvočnih senzorjev HC-SR04, ki so razporejeni po desnem boku ter na prednjem in zadnjem delu vozila. Ti senzorji pripomorejo k detekciji parkirnega prostora ter detekciji položaja vozila med manevriranjem. Za vožnjo ter zavijanje skrbijo elektromotorji. Na pogonskih kolesih je enosmerni električni motor. Za njegovo krmiljenje v obeh smereh skrbi vezje H-mostiča. Na prednjih kolesih je uporabljen koračni motor z resolucijo $7,5^\circ$. Za lažji nadzor sistema smo dodali preprost uporabniški vmesnik, kjer uporabnik izbira način parkiranja ter spremlja celoten postopek. Sistem uporabnika obvesti, če zazna prazen prostor, ter mu ponudi možnost, da parkira vozilo. V postopku parkiranja sistem obvešča uporabnika o poteku vožnje ter lokaciji vozila. Ob zavrnitvi postopka parkiranja vozilo odpelje naprej ter išče novo prosto mesto.

Ključne besede: MIŠKO, ultrazvočni senzorji, kontroler motorjev, bočno parkiranje, mikrokontroler.

ABSTRACT

This Diploma thesis presents a simplified parallel-parking system for a car model. Parallel-parking systems are emerging in the car industry as a standard, and are capable of detecting an empty parking place and parking the vehicle into that parking place. The advantage of this system, embedded in the vehicle, is the simplification of parallel parking, which quite a lot of inexperienced drivers are not mastering.

The parallel-parking system was developed on a school development system (MIŠKO), which was developed at the Faculty of Electrotechnics, University of Ljubljana. The system is controlled by an AVR ATmega324A microcontroller. Software for the system was written using C programming language using Atmel Studio 6.0 software. The program is split into many sections, each controlling a specific component. The vehicle model uses five HC-SR04 commercial ultrasonic sensors, located on the right side and the front and back of the vehicle. The sensors are used for detecting an empty parking space and for position detection of the vehicle during maneuvers. Electric motors are used for driving and turning. Direct current electromotor is used for moving the vehicle. H-bridge is used for controlling the movement of the vehicle in backward and forward direction. Stepper motor with a resolution of $7,5^\circ$ is used on the front wheels, which are used for turning. We added a simple user interface for easier control of the system, choosing the parking mode and overview of the parking procedure. The system notifies the user when it finds an empty parking space and offers a choice for parking the vehicle. During the parking procedure, the system notifies the user about the status and location of the vehicle. If the choice of parking in that parking space is not confirmed, the system continues with driving and searching for a new parking position.

Keywords: MIŠKO, ultrasonic sensors, motor controller, parallel parking, microcontroller.

KAZALO

1	UVOD	1
2	ZASNOVA MAKETE	3
3	IZVEDBA MAKETE	5
3.1	Mikroprocesor	5
3.1.1	Avr ATmega324A	6
3.1.2	Časovniki ter števcí	6
3.1.3	PWM krmiljenje motorja	8
3.2	Ultrazvok	11
3.2.1	Piezelektrični pojav	12
3.2.2	Ultrazvočni merilniki razdalje	13
3.2.3	HC-SR04	13
3.2.4	Meritve senzorjev	17
3.3	Krmilnik motorjev	20
3.3.1	Darlington vezje	22
3.3.2	ULN200xA	24
3.3.3	Koračni motorji	28
3.3.3.1.	Koračni motor s spremenljivo reluktanco	30
3.3.3.2.	Unipolarna vezava	31
3.3.4	H-most	32
3.3.3.3.	L293D	33
4	REALIZACIJA	35
4.1	Programsko izvajanje	37
4.2	Konstrukcija vozila	46
5	ZAKLJUČEK	51

6	LITERATURA	52
---	------------------	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Postopki bočnega parkiranja.....	2
Slika 2: Bločni diagram bočnega sistema.	4
Slika 3: Mehanska skica sistema.....	4
Slika 4: Mehanska skica sistema v zavoju.	4
Slika 5: Zgradba mikroprocesorja.....	5
Slika 6: Primer 8-bitnega števca	7
Slika 7: PWM delovni cikel	9
Slika 8: Meritev pulzno širinske modulacije.....	10
Slika 9: Zvočni spekter..	11
Slika 10: Razmere v neobremenjenem (a) in obremenjenem (b) piezoelektričnem materialu.	12
Slika 11: Primer valovanja ultrazvoka.....	13
Slika 12: Ultrazvočni senzor HC-SR04.	14
Slika 13: Časovni diagram ultrazvočnega senzorja.	14
Slika 14: Potek programskega dela senzorjev.....	15
Slika 15: Spekter razpršitve valovanja.....	16
Slika 16: Priključitev senzorja HC-SR04 na mikrokrmilnik.	17
Slika 17: Razporeditev senzorjev po vozilu.....	17
Slika 18: Meritve pri razdalji 3 cm.	18
Slika 19: Meritve pri razdalji 47 cm.	18
Slika 20: Meritve pri razdalji 105 cm.	19
Slika 21: Shema krmilnika motorjev.	20
Slika 22: Krmilnik motorjev.	21
Slika 23: Priključna shema mikrokrmilnika s senzorji in motorji	22
Slika 24: a) NPN vezava. b) PNP vezava Darlington vezja.....	23
Slika 25: Simbol Darlington vezja.....	24
Slika 26: Poenostavljeno vezje 7-kanalnega ULN200xA.....	25
Slika 27: Shematski prikaz enega kanala ULN200xA.....	25
Slika 28: Shematski prikaz enega kanala več izvedb ULN200xA.....	26
Slika 29: Časovne zakasnitve ULN2003A.....	28
Slika 30: Sekvenčni prikaz delovanja.	29
Slika 31: Koračni motor s spremenljivo reluktanco.....	30

Slika 32: Delovanje koračnega motorja s spremenljivo reluktanco.	31
Slika 33: Shematski prikaz 4-faznega unipolarnega motorja.	31
Slika 34: Sekvenca preklopov posameznih stikal.	32
Slika 35: Delovanje H-mosta.	33
Slika 36: Zgradba integriranega vezja L293D.	34
Slika 37: Postavitev senzorjev na maketi.	35
Slika 38: Zaznavanje prostega parkirnega prostora.	36
Slika 39: Prikaz manevriranja.	36
Slika 40: Potek detekcije prostega mesta.	37
Slika 41: Diagram detekcije prostega prostora.	38
Slika 42: Vozilo pri pogoju senzorja 1.	38
Slika 43: Vozilo pri pogoju senzorja 3.	39
Slika 44: Vozilo ob problemu zaznavanja označb za vozilom.	40
Slika 45: Vozilo ob problemu zaznavanja označb pred vozilom.	40
Slika 46: Uporabniški vmesnik.	41
Slika 47: Potek parkirnega programa.	42
Slika 48: Prikaz vozila pri prevelikem zavoju.	44
Slika 49: Prikaz vozila ob premajhnem zavoju.	44
Slika 50: Pogonski motor in pogonska kolesa.	47
Slika 51: Konstrukcija modela.	47
Slika 52: Prikaz delovanja prednjih koles.	48
Slika 53: Prikaz štirih korakov koračnega motorja.	48
Slika 54: Sestava prednjega zavijanja.	49
Slika 55: Končni izdelek.	50

KAZALO TABEL

Tabela 1: Hitrost valovanja v snoveh.....	11
Tabela 2: Parametri vezja ULN2003A.....	26
Tabela 3: Meritve proizvajalca	27
Tabela 4: Preklopno delovanje H-mosta.....	33
Tabela 5: Smer vrtenja motorja.....	34

KAZALO GRAFOV

Garf 1: Maksimalni tok, ki je odvisen od obratovalnega cikla.....	28
---	----

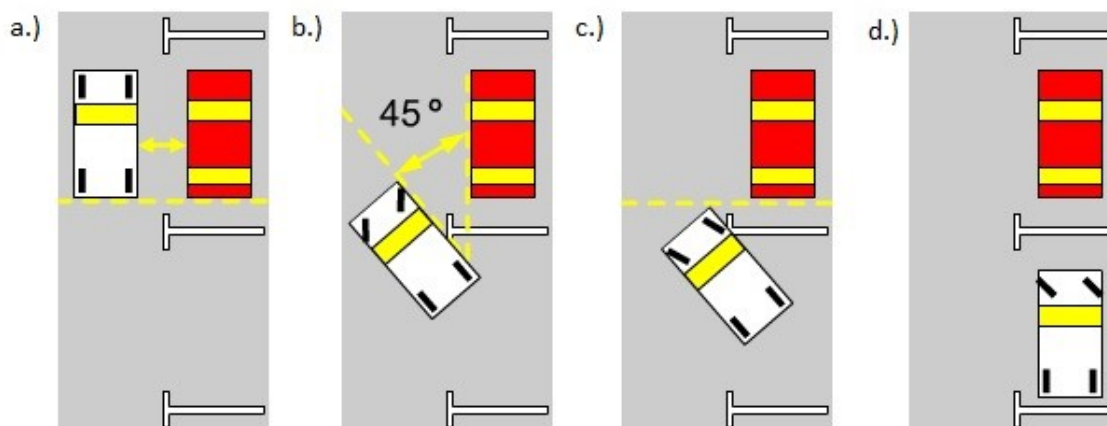
1 UVOD

Sistem za samodejno bočno parkiranje modela osebnega vozila nam prikazuje rešitev problema bočnega parkiranja. Velikokrat se znajdemo v situaciji, ko lahko parkiramo le bočno, kar pa nam lahko povzroča preglavice. Čas parkiranja nam lahko podaljša nepravilna ocenitev zavojev, zamudimo se s ponovnimi poskusi parkiranja oz. s popravljanjem smeri vozila. Tudi s parkirnim sistemom ne moremo parkirati 100 % pravilno, saj je potrebno upoštevati zunanje faktorje, ki zahtevajo kompleksnejšo detekcijo ter reševanje nastalih problemov. Prav tako je potrebno upoštevati cestno prometne znake in označbe parkirnih prostorov. Zato so ti sistemi povezani z uporabniškim vmesnikom, s katerim voznik izbira in potrdi izvajanje sistema.

Najpomembnejši korak pri uspešnem bočnem parkiranju je ocenjevanje položaja vozila med postopki parkiranja. Paziti moramo na oddaljenost vzporednega vozila, kar je vidno na sliki (1a). Če smo preblizu vozila, nastanejo težave pri kasnejšem zavijanju, razvidno na sliki (1c) – zadenemo v zadnji del mirujočega vozila ali pa preidemo desni rob parkirnega prostora. Če pa je naše vozilo preveč oddaljeno od mirujočega vozila, lahko pri napačnem ocenjevanju manevrskih postopkov preidemo desni rob parkirnega prostora ali pa pridemo preblizu mirujočega vozila za nami. Prav tako se moramo držati cestno prometnih predpisov, uporabljamo ustrezne smernike, upoštevati moramo tudi pravilo, kje smemo bočno parkirati vozilo. Bočno moramo parkirati v smeri vožnje, pri tem ne smemo voziti po nasprotnem cestnem pasu: bočno se parkira samo na desno stran vozila. Za lažje bočno parkiranje sledimo naslednjim korakom, na sliki (1), katere nas učijo v avtošoli:

- a) *»Svoje vozilo ustavimo vzporedno z vozilom, za katerega nameravamo parkirati v oddaljenostjo okoli 60 cm od njega. Zadnji odbijači obeh vozil naj bodo v isti črti, če je naše vozilo po velikosti enako ali pa krajše kot vozilo za katerim bomo parkirali. Če pa je naše vozilo daljše, potem naj bosta v isti črti prednja odbijača.*
- b) *Speljemo s polževo vožnjo nazaj in sukamo volan v desno, da pripeljemo vozilo v položaj kota 45 stopinj.*
- c) *Z vzvratno vožnjo nadaljujemo tako, da se desni konec odbijača na našem vozilu čim bolj približa levemu delu zadnjega odbijača na stoječem vozilu. Ostro obrnemo krmilo na levo ter se pomikamo vzvratno, dokler nismo za vozilom. Vzravnamo krmilo vozila ter parkiramo v sredino parkirnega prostora.*

- d) V tej legi obeh vozil začnemo sukati volan v levo in se pomikati nazaj toliko časa, da se vozilo ustavi vzporedno z robom vozišča. Prednji kolesi naj останeta v poševni legi, kar nam omogoča, da pri speljevanju s parkirnega prostora izpeljemo po istih kolesnicah.«[1].



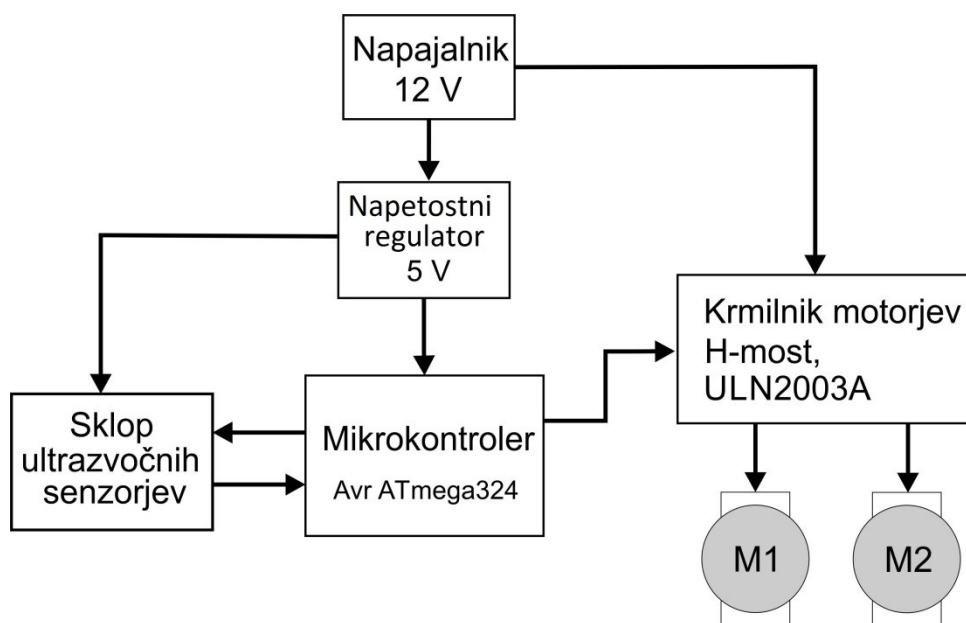
Slika 1: Postopki bočnega parkiranja [1].

2 ZASNOVA MAKETE

Cilj diplomskega dela je ponazoriti princip delovanja avtomatskega bočnega parkiranja na maketi. Realizacija sistema v vozilu bi se razlikovala v krmiljenju vozila. Zasnova makete je narejena tako, da ob zaznanem prostem parkirnem prostoru sporoči vozniku, ki se nato odloči, ali vozilo parkira. Delovanje tega sistema mora biti 100 % zanesljivo, saj lahko že ob majhni težavi naletimo na neželene probleme. Uporabniki sistemov za samodejno bočno parkiranje zahtevajo parkiranje brez kakršnih koli težav, zato morata programska koda ter strojna zasnova imeti varovalni sistem, ki že ob majhni napaki prekine z delovanjem. Ne želimo si, da bi zaradi napake vozilo trčilo v mirujoče vozilo, drevo, itd.. Prav tako mora sistem prekiniti z delovanjem ob nenadni oviri, ki se lahko pojavi pred avtom ali v parkirnem prostoru. Največje težave nam lahko povzroči neskrbno načrtovana programska koda. Prav tako se lahko pojavijo razlike razdalje v ultrazvočnih senzorjih, odvisno od temperature ter vlažnosti ozračja, vendar so te razlike minimalne.

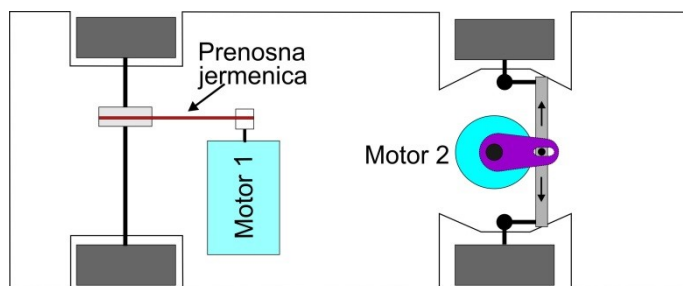
Za boljše delovanje sistema bi potrebovali boljšo ter zahtevnejšo izvedbo sistema. Sistem z ultrazvočnimi senzorji je cenejši, vendar pa za boljšo zanesljivost potrebujemo več takih senzorjev. Mogoče bi bila boljša rešitev uporaba 3-dimenzionalnih senzorjev, kar bi zmanjšalo število senzorjev, vendar pa je taka rešitev cenovno neugodna.

Naša maketa bočnega parkirnega sistema sestoji iz več sklopov. Na sliki (2) je prikazana blokovna shema sistema. Sistem napajamo z napetostjo 12 V, ki je potrebna za napajanje motorjev. Za delovanje mikrokontrolerja ter senzorjev je potrebna napetost 5 V. Komunikacija med senzorji ter mikroprocesorjem poteka v obe smeri (vhodna/izhodna), kjer mikroprocesor pošlje signal na določen senzor, ki se ta odzove ter vrne signal razdalje. Nato mikroprocesor izvede postopek računanja ter preko krmilnika motorjev sporoči njihov premik. Krmilnik je sestavljen iz dveh krmilnih blokov. Krmilni blok H-most krmili motor pogona, kjer nadzoruje smer vožnje (naprej, nazaj). Krmilni blok ULN2003A krmili koračni motor, ki omogoča zavijanje vozila.

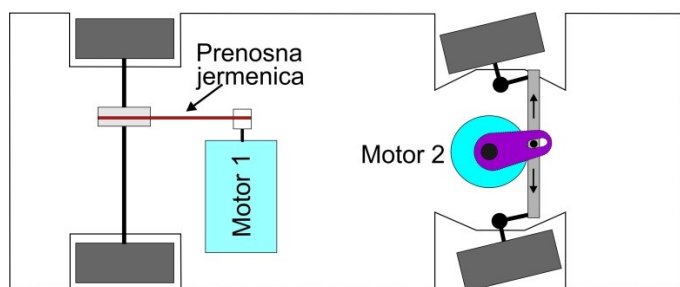


Slika 2: Bločni diagram bočnega sistema.

Na sliki (3) je prikazana skica mehanskih delov makete. Za premik vozila naprej ter nazaj skrbi motor 1, ki ob določenem signalu preklopi smer. Koračni motor 2 krmili vozilo levo ter desno razvidno iz slike (4).



Slika 3: Mehanska skica sistema.



Slika 4: Mehanska skica sistema v zavoju.

3 IZVEDBA MAKETE

Maketa je sestavljena iz več različnih elektronskih komponent. Mikroprocesor skrbi za celotno delovanje sistema. Ultrazvočni senzorji merijo razdaljo od oddaljenega predmeta, krmilnika motorjev pa skrbita za premik in krmiljenje vozila.

3.1 Mikroprocesor

Mikroprocesor je integrirano vezje, zgrajeno na eni silicijevi ploščici imenovani čip. Mikroračunalnik sestoji iz centralno procesne enote (CPE), ki je povezana s pomnilnikom in vhodno/izhodnimi enotami preko sistemskega vodila razvidno na sliki (5).



Slika 5: Zgradba mikroprocesorja [2].

Centralno procesna enota izvršuje ali izvaja ukaze z operandi, ki jih jemlje (bere) iz pomnilnika ali vhodnih vrat. Rezultat operacije ponovno vpiše v pomnilnik ali na izhodna vrata. Prenos podatkov poteka po paralelnih vodnikih, imenovanih podatkovno vodilo. Ukazi in operandi so zapisani v pomnilniku na točno določenih naslovih ali lokacijah. Tudi vrata se med seboj ločijo po različnih naslovih. Zaradi tega mora CPE naslavljati pomnilniške lokacije ali vhodno/izhodne enote, iz katerih bere ukaze ali podatke oziroma kamor vpiše podatke. CPE prenese naslov na naslovno vodilo, ki je sestavni del sistemskega vodila, če v pomnilnik na isti naslov pišemo ali iz njega beremo, določimo način branja ali zapisovanja s kontrolnim signalom. Isto velja za vhodna in izhodna vrata. V ta namen ima CPE kontrolne signale, ki so združeni v kontrolnem vodilu. Kontrolno vodilo je prav tako sestavni del sistemskega vodila.

V našem primeru je uporabljen 8-bitni mikrokrmilnik Atmeg324, kateri se nahaja na razvojni plošči imenovani »MIŠKO« (Mikrokrmilniški Študentski Komplet) [3].

3.1.1 Avr ATmega324A

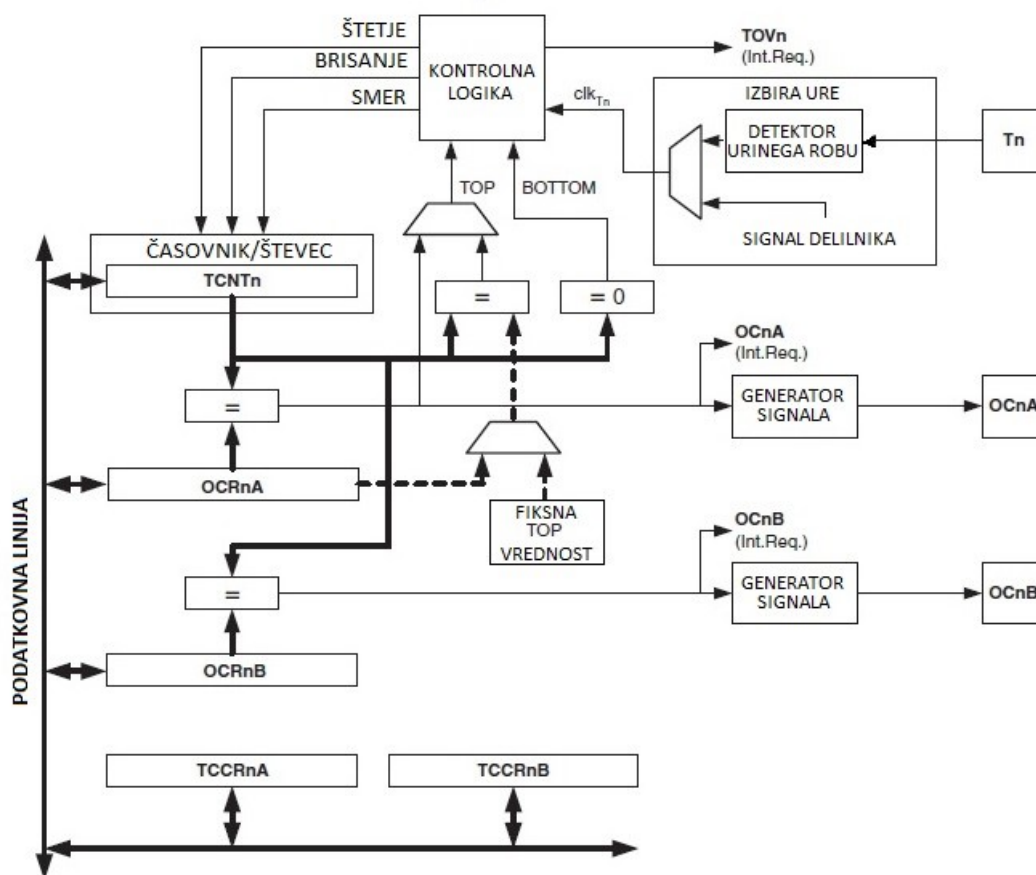
Mikrokrmilnik ATmega324A, ki je uporabljen na maketi, je 8 bitni mikroprocesor z 32 K bajti vgrajenega programirljivega pomnilnika FLASH, 1 K bajtom EEPROM-a ter 2 K bajtom SRAM-a. Za krmiljenje z vhodno izhodnimi enotami uporablja 32 kanalov, s tem 32 splošno uporabnih 8-bitnih delovnih registrov. Vsebuje dva 8-bitna časovnika/števca z ločeno prestavo sistemske ure in primerjalnim načinom ter en 16-bitni časovnik/števca z ločeno prestavo sistemske ure in primerjalnim ter lovilnim načinom. Uporablja 8 kanalni 10 bitni analogno-digitalni pretvornik s spreminjajočim se vhodom, programirljiv WATCHDOG časovnik z ločenim notranjim oscilatorjem, SPI serijskimi vrati ter JTAG vmesnikom [4, poglavje 2].

3.1.2 Časovniki ter števci

Časovne zakasnitve lahko uporabljamo za razna merjenja časov, kjer ni potrebna velika natančnost. Če pa potrebujemo prav to, je bolje, da se poslužujemo časovnikov, ki so vgrajeni v sam mikrokrmilnik. Običajno imajo mikrokrmilniki več takih časovnikov, ki se med seboj nekoliko razlikujejo:

- Timer0, ki je 8 bitni časovnik z notranjim virom ure.
- Timer1, ki je 16 bitni časovnik z notranjim virom ure.
- Timer2, ki je 8 bitni časovnik z zunanjim virom ure.

Razlika med števci Timer0, Timer1 in Timer2 je ta, da sta Timer0 ter Timer2 8-bitna števca katera lahko štejeta do 256. Timer1 pa do 65536, kar pomeni, da je Timer1 16-bitni števec. Nastavitve števec nastavimo v določenih registrih za vsak števec posebej, več razvidno iz podatkovnega lista [4]. Števce tako lahko nastavimo smer štetja, način štetja, hitrost štetja, itd.. Hitrost števca lahko izbiramo že v naprej določenih proizvajalčevih mejah. Tako smo za hitrost števca malo omejeni pri nastavitvah. Hitrost tako nastavljamo z delitelji frekvece (1, 8, 64, 256 in 1024) s katero mikrokrmilnik deluje.



Slika 6: Primer 8-bitnega števca [4, stran 94].

Na sliki (6) so prikazani registri kateri so potrebni za delovanje izbranega števca. Z izbranim načinom delovanja se števec briše, šteje v pozitivno ali negativno stran. Štetje se izvaja ob vsakem urinem taktu. Števci lahko izbirajo notranji vir ure ali zunanji, ki ga nastavimo v kontrolnem registru TCCRnB, z biti CSn2, CSn1 ter CSn0. Sekvenco štetja nastavimo z biti WGMn1, WGMn0, ki se nahajata v kontrolnem registru TCCRnA. WGMn2 pa se nahaja v kontrolnem registru TCCRnB.

V našem primeru je uporabljen 8-bitni števec 0 za krmiljenje pogonskega motorja s PWM načinom, ter 16-bitni števec 1, ki pripomore k merjenju razdalje. Ker želimo čim bolj natančno izmeriti razdaljo senzorjev uporabimo 16-bitni števec v normalnem načinu štetja. Register TCCR1A, nastavimo tako, da števec šteje v normalnem načinu v pozitivno smer [4, stran 133].

```
TCCR1A = 0x00; //00000000
```

Poleg nastavitve načina štetja je potrebno nastaviti hitrost števca. Če bi števec štel s taktom mikrokrmilnika bi se štetje odvijalo prehitro. Tako nastavimo delilnik ure števcu 1 v TCCR1B registru, na delitelj 8 [4, stran 135].

$$TCCR1B=0x02; //00000010$$

Po enačbi (1) tako števec šteje s taktom 2,304 MHz, kjer je spremenljivka N vrednost delilnika ure, $f_{clk_{I/O}}$ pa frekvenca mikroprocesorja, katera znaša 18,432 MHz. Z enačbo (1) izračunamo takt števca v normalnem načinu, katera je podana v proizvajalčevem podatkovnem listu [4].

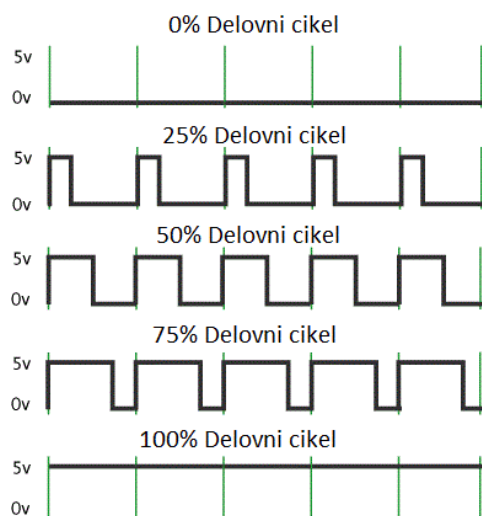
$$f_{OCn1} = \frac{f_{clk_{I/O}}}{N} = \frac{18,432MHz}{8} = 2304000Hz \quad (1)$$

Tako natančnost števca po enačbi (2) znaša 0,43us, kar ustreza našim zahtevam senzorjev. Približni čas meritve razdalje senzorja v oddaljenosti 1 cm je 58 us [13]. Tako oddaljenost objekta lahko izmerimo do milimetra natančno.

$$T = \frac{1}{f_{OCn1}} = \frac{1}{2,304MHz} = 0,43us \quad (2)$$

3.1.3 PWM krmiljenje motorja

Pogonski motor je krmiljen s PWM (Pulzno širinska modulacija) signalom. Pulzno širinska modulacija je tehnika kjer lahko krmilimo hitrost motorja z digitalnimi pulzi. Analogni signal tako postane kvadratne oblike, kjer signal preklaplja med napajalno napetostjo 5 V in 0 V. Hitrost motorja je tako odvisna od širine pulza v enem taktu. Na sliki (7) je prikazan primer pulzno širinske modulacije pri različnih širinah pulza.



Slika 7: PWM delovni cikel [5].

Mikrokrminik Atmega324A nam omogoča pulzno širinsko modulacijo pri vseh števcih. Za pogonski motor je uporabljen 8 bitni števec imenovan števec 0, kateri ima maksimalno vrednost 255. Za delovanje pulzne širinske modulacije moramo nastaviti register TCCR0A tako, da nam omogoča hitri PWM način.

$$TCCR0A = 0xF3; \quad // 11110011$$

Nastavitev določenih bitov v registru TCCR0A je prikazano v podatkovnem listu. [4, stran 105]. Za nastavitev hitrega PWM načina je potrebno nastaviti bita WGM1 in WGM0 na logično 1. V registru TCCR0B nastavimo hitrost števca 0 za pulzno širinsko modulacijo, oziroma delilnik ure, ki je v našem primeru 64 [4, stran 108]

$$TCCR0B = 3; // 00000011$$

Po enačbi (3) lahko izračunamo hitrost PWM-ja, kjer je spremenljivka N vrednost delilnika ure, $f_{clk_{IO}}$ pa frekvenca mikroprocesorja, katera znaša 18,432 MHz.

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk_{IO}}}{N * 256} = \frac{18,432 MHz}{64 * 256} = 1125 Hz \quad (3)$$

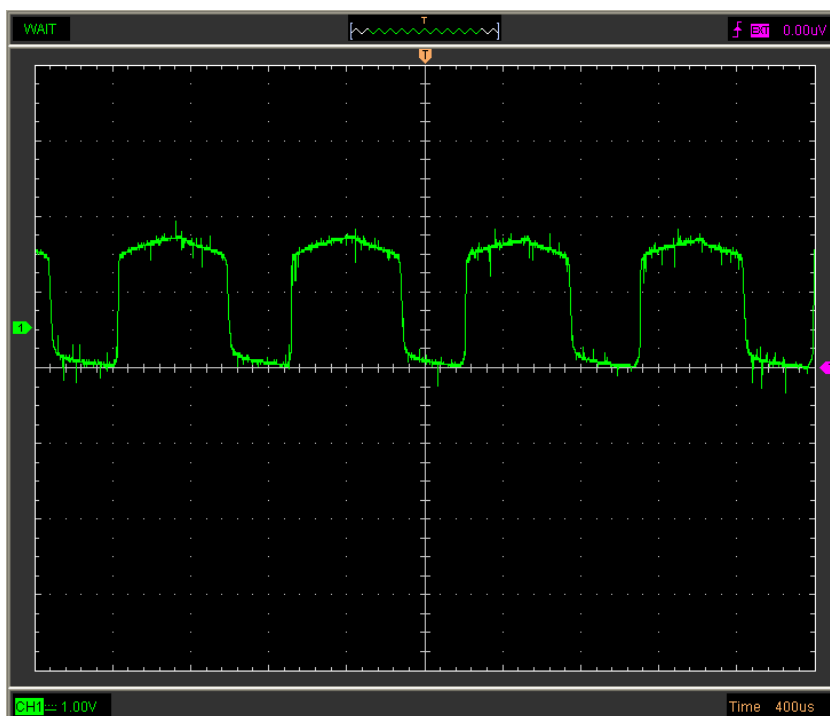
Po zgornjem izračunu (3) tako znaša frekvenca pulzno širinske modulacije 1125 Hz. Tako je po enačbi (4) čas enega delovnega cikla 0,9 ms.

$$T = \frac{1}{f_{OCnxPWM}} = \frac{1}{1125Hz} = 0,888ms \quad (4)$$

Za hitrejšo programiranje definiramo ukaze *MOTOR_NAPREJ()*, *MOTOR_NAZAJ()* in *MOTOR_STOP()*. S spreminjanjem spremenljivke *x*, nadziramo hitrost pogonskega motorja M1. Zaradi 8 bitnega števca, ki šteje do 255, je širina PWM pulza 256. Tako ima 100% delovni cikel vrednost 255, 50% delovni cikel pa vrednost 127.

```
#define MOTOR_NAPREJ() (OCR0B = 255, OCR0A = 255-x);
#define MOTOR_NAZAJ() (OCR0A = 255, OCR0B = 255-x);
#define MOTOR_STOP()   (OCR0A = 255, OCR0B = 255);
```

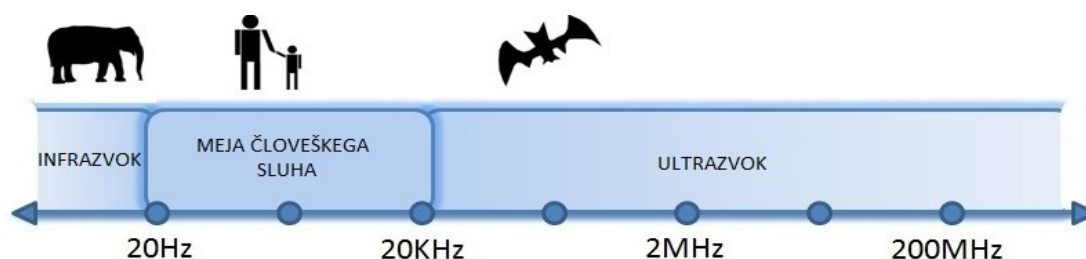
Izmerjena pulzno širinska modulacija na pogonskem motorju pri delovnem ciklu 72 %, je prikazana na sliki (8).



Slika 8: Meritev pulzno širinske modulacije.

3.2 Ultrazvok

Zvočno valovanje, ki je nad mejo slušnega področja človeka, imenujemo ultrazvok. Frekvenčni spekter ultrazvoka je večji od 20 kHz, kar je razvidno s slike (9).



Slika 9: Zvočni spekter [7].

Hitrost ultrazvočnega valovanja je odvisna od snovi, po kateri se zvok razširja. Najboljše lastnosti širjenja ultrazvočnih valovanj imajo kovine ter tekočine, razvidno na tabeli (1). Ultrazvočno valovanje se v vakuumu ne more razširjati. Po enačbi (5) lahko izračunamo hitrost zvočnega vala v suhem zraku:

$$c = \sqrt{\frac{1.4 * R * T}{M}}, \quad (5)$$

kjer je R splošna plinska konstanta (8.214 J/molK), M molekulska masa plina, T pa temperatura snovi. Po enačbi (5) vidimo, da se hitrost zvoka v plinih spreminja s temperaturo. Višja je temperatura, hitreje se širi zvok v snovi.

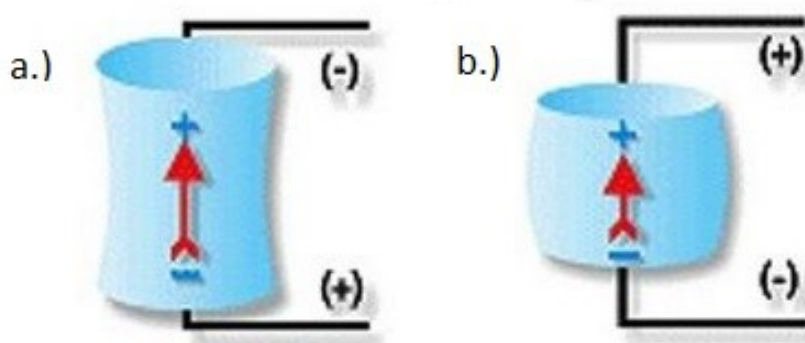
Tabela 1: Hitrost valovanja v snoveh [8].

Snov	T (°C)	c (m/s)	Snov	T (°C)	c (m/s)
Guma	20	50	Les	20	4500
Zrak	20	343	Svinec	20	2160
Helij	20	965	Led	-4	3200
Vodik	20	1284	Medenina	20	3500
Morska voda	20	1530	Jeklo	20	5950
Navadna voda	20	1495	Aluminij	20	6420

Prav tako ultrazvok slišijo tudi nekatere živali, uporabljajo pa ga predvsem pri sporazumevanju ali orientaciji v okolju. Netopirji proizvajajo ultrazvok nad 100 kHz, pomaga jim pri letenju, za zaznavanje okolice. Ultrazvok se prav tako uporablja v industriji in medicini. Medicinski ultrazvočni aparati delujejo s frekvencami med 2 MHz in 13 MHz, ki jih uporabljajo za pregledovanje notranjih organov. Nam najbolj poznan primer medicinskega ultrazvoka je pri pregledovanju zarodka med nosečnostjo. Področje višjih frekvenc uporabljajo v medicini za zdravljenje raka, razne fizikalne terapije itd. Zaradi dobrega razširjanja ultrazvočnega valovanja v tekočinah, to področje izrabljajo ladje ter podmornice. Tako imenovana naprava sonar, služi pri pregledovanju tal, navigaciji ter zaznavanju sovražnih ladij, podmornic itd. Zaradi dobrih razmer širjenja valovanja lahko zaznajo ovire na razdalji do 20 km. Prav tako se ultrazvok pojavlja v komercialni uporabi v raznih merilnikih nivoja tekočin, toplote, razdalje [6].

3.2.1 Piezoelektrični pojav

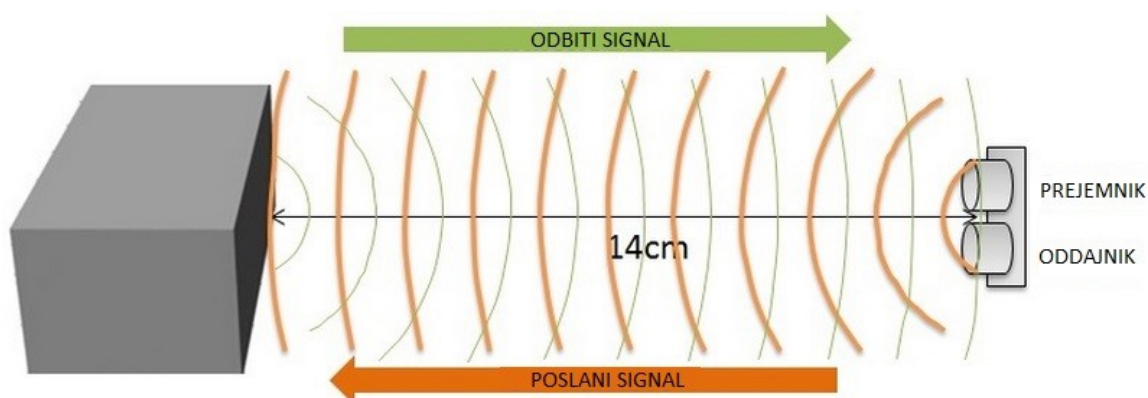
Piezoelektrični pojav je pojav, pri katerem se ob deformaciji materiala (piezokeramike) pojavi električno polje, katera smer polja je dovisna od tega ali je bil material raztegnjen ali stisnjen, prikazano na sliki (10). Do tega pojava pride, ker se v piezokeramiki ob deformaciji atomi preporazdelijo, ter se spremenijo v električni dipol. Pojav uporabljamo tudi v obratni smeri, kjer na izmenično napetost priključimo piezoelektrični kristal. Material se tako prične s frekvenco izmenične napetosti izmenično raztezati in stiskati. V našem primeru uporabljamo piezoelektrični pojav v ultrazvočnih senzorjih, katera frekvenca delovanje je 40 kHz.[9].



Slika 10: Razmere v neobremenjenem (a) in obremenjenem (b) piezoelektričnem materialu [10].

3.2.2 Ultrazvočni merilniki razdalje

Delovanje ultrazvočnega senzorja razdalje temelji na merjenju časa, ki ga potrebuje ultrazvok da prepotuje razdaljo od vira ultrazvoka (zvočnik) do predmeta, do katerega merimo razdaljo, in nazaj do mikrofona. Prikazano na sliki (11). Kot vir ultrazvoka se uporabi piezoelektrični zvočnik, kot detektor pa piezoelektrični mikrofona. Funkcijo zvočnika in mikrofona lahko opravlja en sam piezoelektrični pretvornik z ustreznim električnim preklopnim vezjem.

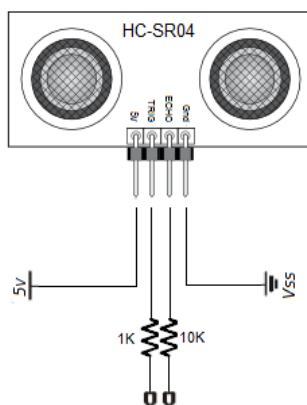


Slika 11: Primer valovanja ultrazvoka [7].

Ultrazvočni senzorji so dovolj hitri, da preprečijo trčenje robota, vendar ne dovolj, da bi spremljali leteči predmet. Uporabi se ga lahko na tesočih ali premikajočih predmetih, vendar hitrost ne sme biti previsoka. Pri naši maketi so uporabljeni senzorji HC-SR04, zaradi enostavne uporabe ter njihove cene.

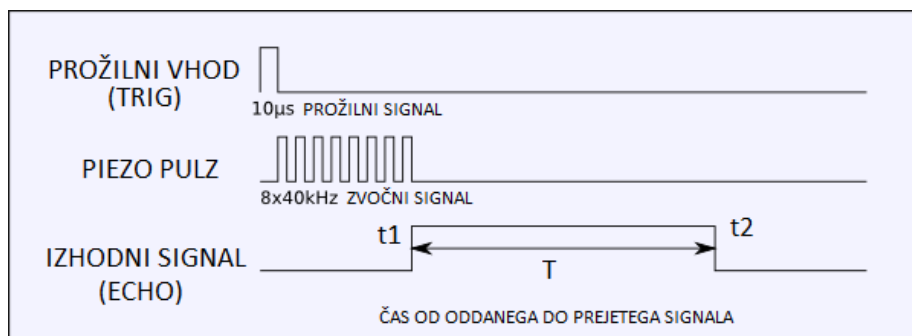
3.2.3 HC-SR04

Ti senzorji so zelo priljubljeni v robotiki. So cenovno ugodni ter enostavni za uporabo. Ultrazvok je zanesljiv v vseh pogojih osvetlitve. Senzorje lahko uporabljamo v zaprtih prostorih in tudi zunaj. Oblika senzorja ter njegovi priključki so prikazani na sliki (12).



Slika 12: Ultrazvočni senzor HC-SR04 [11].

Merilnik razdalje HC-SR04 ima merilni razpon od 2 cm do 4 m, z natančnostjo 3 mm. Modul vsebuje ultrazvočni oddajnik, ultrazvočni sprejemnik ter krmilno vezje. Na sliki (13) je prikazan časovni diagram delovanja. Za delovanje je potrebno na vhod modula privedi signal velikosti napajalne napetosti (5 V) ter širine 10 us. Nato modul pošlje 8 zaporednih pulzov ultrazvočnega signala velikosti 40 kHz, kjer na podlagi teh signalov poda širino izhodnega signala, ki je odvisna od oddaljenost predmeta od senzorja [12].

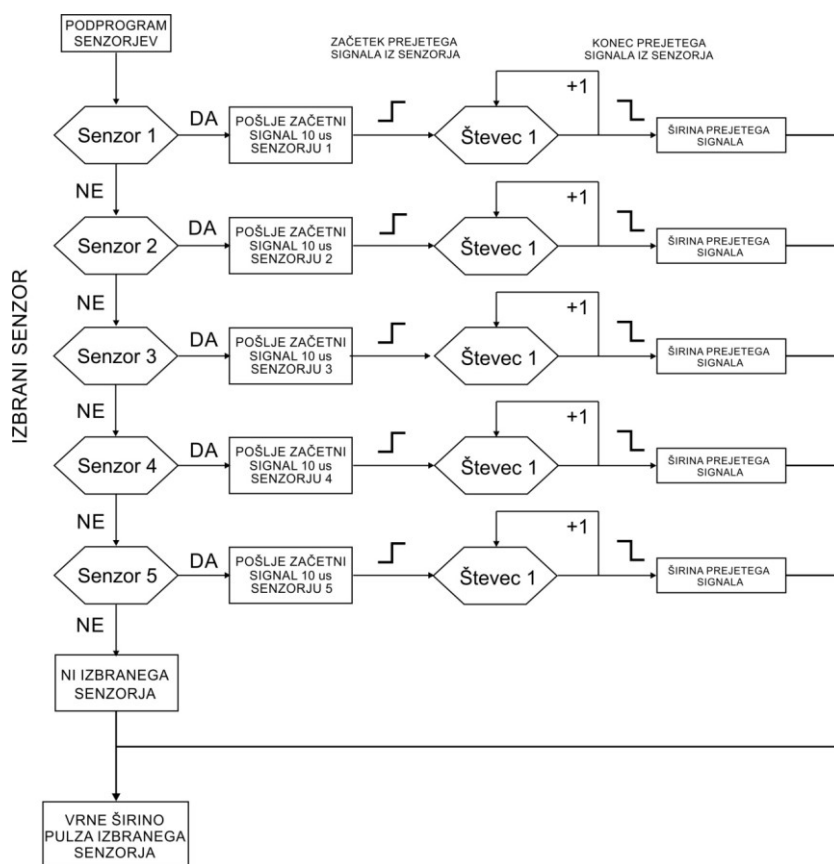


Slika 13: Časovni diagram ultrazvočnega senzorja [13].

Razdaljo oddaljenega predmeta izračunamo iz izhodnega signala HC-SR04 po enačbi (6):

$$D = T * c / 2 \quad (6)$$

pri čemer je D razdalja oddaljenega predmeta, T širina izhodnega impulza ter c hitrost zvoka (340 m/s).



Slika 14: Potek programskega dela senzorjev.

Na sliki (14) je prikazan potek programskega dela senzorjev. Funkcijo senzor kličemo z ukazom senzor (x), kjer spremenljivka x predstavlja željeni senzor. Tako se ob izbranem senzorju izvaja določena sekvenca programa. Izbira senzorja v podprogramu je zapisana s stavkom »switch case«. Ob klicanju določenega senzorja najprej na željen senzor pošljemo začetni signal velikosti 10 us, kateri vzbudi senzor.

switch (senzor)

{

case 1: PORTB|=0x20; // PORTB=0x08, postavi visok signal (Trig) za senzor 1

break;

case 2: PORTB|=0x01; // PORTB=0x01, postavi visok signal (Trig) za senzor 2

break;

case 3: PORTB|=0x02; // PORTB=0x02, postavi visok signal (Trig) za senzor 3

break;

case 4: PORTB|=0x04; // PORTB=0x04, postavi visok signal (Trig) za senzor 4

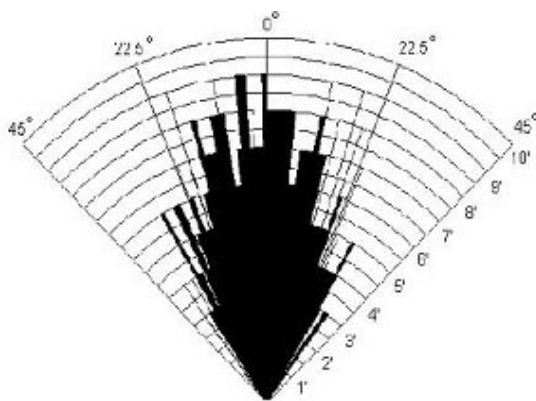
```

        break;
    case 5: PORTB|=0x40;// PORTB=0x10, postavi visok signal (Trig) za senzor 5
        break;
    default:
        return -1;
        break;
}

```

Izbrani senzor nato izmeri razdaljo s piezo pulzi, kateri nato vrne velikost razdalje v obliki širine stopnice, razvidno na sliki (13). Širša kot je stopnica večja je razdalja. Širino stopnice tako sami izmerimo s časovnikom. Ob prejetem začetnem signalu (naraščajoče stopnice) poženemo števec, kateri šteje do konca signala (padajoče stopnice). Tako dobimo širino pulza, ter po enačbi (6) dobimo izmerjeno razdaljo v metrih.

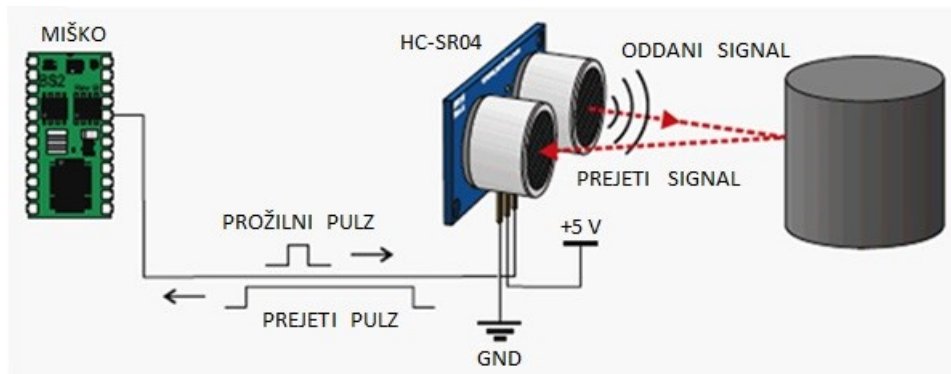
Kot širjenja frekvenčnih signalov piezoelektričnega zvočnika znaša približno 35° , razvidno iz slike (15). Paziti moramo, da senzor postavimo dovolj visoko, da ne dobimo odbitega signala od površine, na kateri je naprava postavljena.



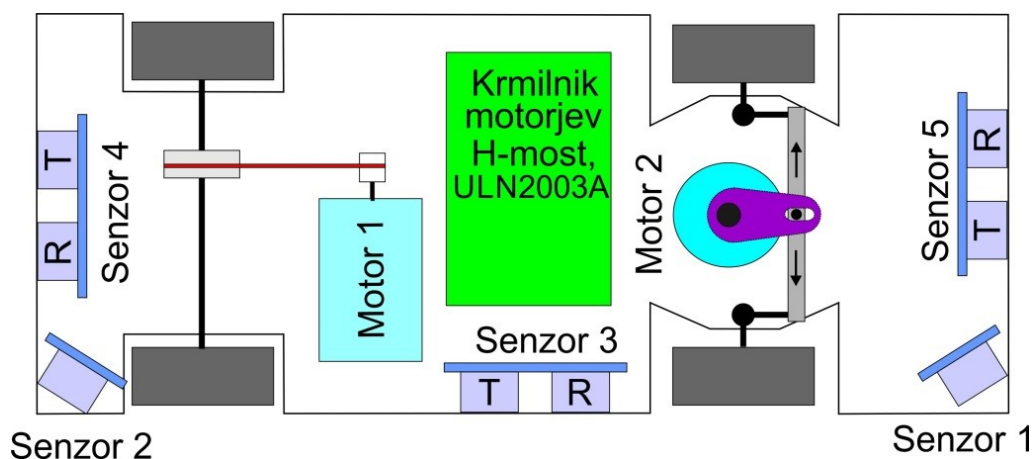
Slika 15: Spekter razpršitve valovanja [12].

Sistem bočnega parkiranja vsebuje pet HC-SR04 senzorjev, ki so razporejeni po bočni strani vozila. Med delovanjem deluje samo en senzor hkrati, če bi jih delovalo več sočasno, bi prišlo do motenja. Senzorji zaznavajo velikost parkirnega prostora ter vodijo vozilo skozi manevrske postopke. Na sliki (16) je prikazana vezava merilnika razdalje HC-SR04. Sistem ima 3 bočne senzorje za natančnejše zaznavanje praznega parkirnega prostora in manevriranje

vozila v prazen prostor ter po enega na vsakem koncu vozila za centriranje vozila v parkirni prostor. Na sliki (17) je prikazana postavitev petih senzorjev po vozilu.



Slika 16: Priključitev senzorja HC-SR04 na mikrokrmilnik.[14].

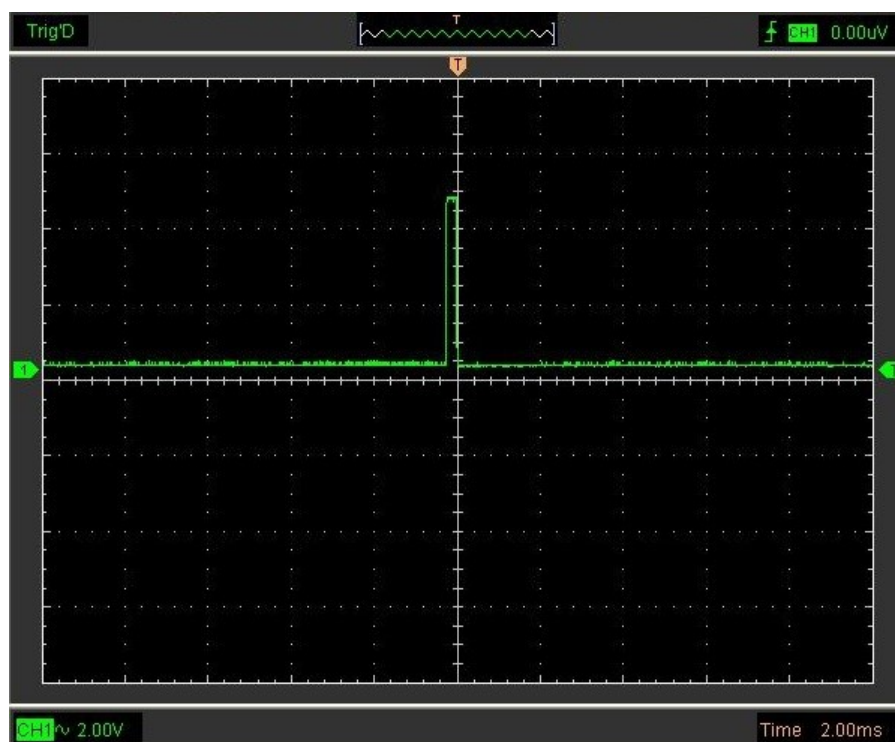


Slika 17: Razporeditev senzorjev po vozilu.

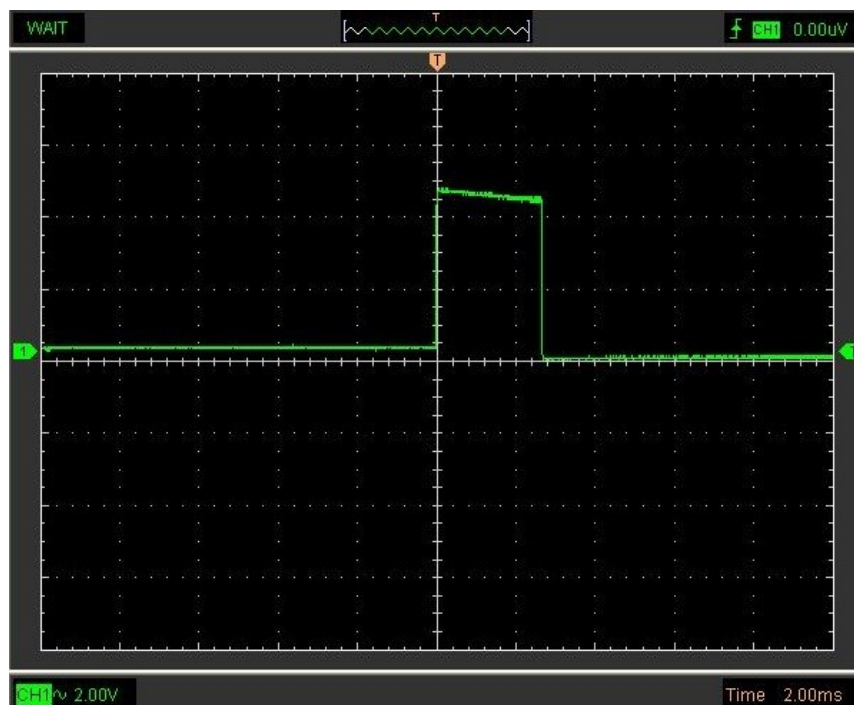
3.2.4 Meritve senzorjev

Meritve senzorja prikazujejo čas od oddanega ter prejetega ultrazvočnega signala. Na slikah (18, 19, 20) je razvidna oddaljenost predmeta v času. Tako so oddaljenosti sledeče:

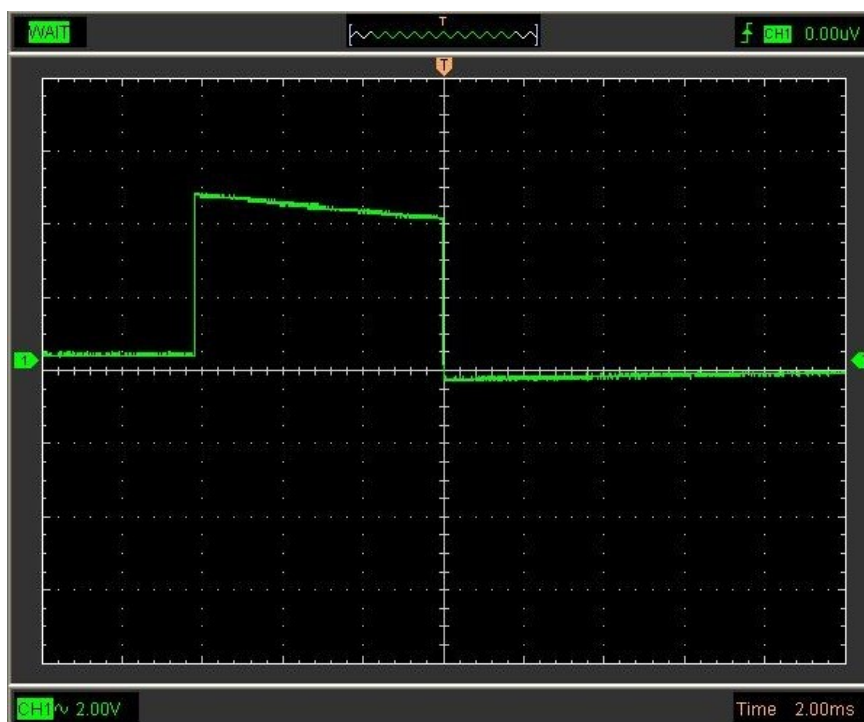
- Pri prvi meritvi časovni razmik 0,4 ms – razvidno s slike (18) – kjer je ovira oddaljena 3 cm.
- Pri drugi meritvi je časovni razmik 2,8 ms – razvidno s slike (19) – kjer je ovira oddaljena 47 cm.
- Pri tretji meritvi je časovni razmik 6,2 ms – razvidno s slike (20) – kjer je ovira oddaljena 105 cm.



Slika 18: Meritve pri razdalji 3 cm.



Slika 19: Meritve pri razdalji 47 cm.



Slika 20: Meritve pri razdalji 105 cm.

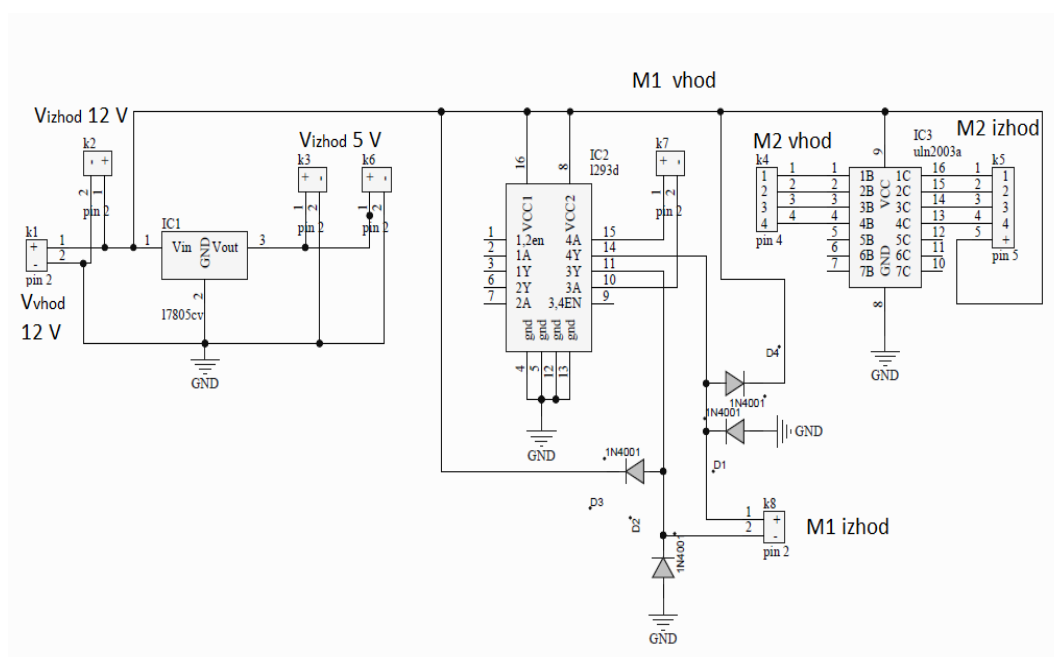
Razdaljo oddaljenega predmeta izračunamo po enačbi (6) ($D = T * c / 2$), kjer je T širina signala, ki ga dobimo iz ultrazvočnega senzorja. Za primer izračuna si vzamemo drugo meritev razdalje, kjer širina signala v času znaša 2,6 ms. Tako po enačbi (6) lahko izračunamo razdaljo v metrih. Širino ultrazvočnega pulza (T) pomnožimo s hitrostjo zvoka (c), ki v zraku znaša 340 m/s, ter delimo z 2. Razdalja oddaljenega predmeta po izračunu znaša 0,476 m:

$$D = \frac{2,8 * 10^{-3} s * 340 m}{2 s} = 0,476 m .$$

Pri izvedbi naše makete se oddaljenosti objektov od senzorjev gibljejo do 30 cm. Tako bi ob realizaciji na velikosti osebnega vozila, ti senzorji predstavljali problem pri dometu senzorjev. V primerjavi z dometom senzorjev pri naši maketi bi morali senzorji na realnem vozilu dosegati razdalje od šestih metrov ali več. Naši senzorji HC-SR04 imajo maksimalni domet 4 m, tako bi morali uporabiti senzorje z daljšim dometom.

3.3 Krmilnik motorjev

Za delovanje prednjega ter zadnjega motorja skrbi prilagojeni krmilnik. Pogonski elektromotor je krmiljen s H-most metodo, ki nam omogoča menjave polaritete na elektromotorju. Za krmiljenje s H-mostom je uporabljen temu namenski krmilni čip L293D. Prednji motor je krmiljen s čipom ULN2003A, ki je primeren za krmiljenje koračnih motorjev z večjim bremenom. Na sliki (21) je viden krmilnik obeh motorjev.



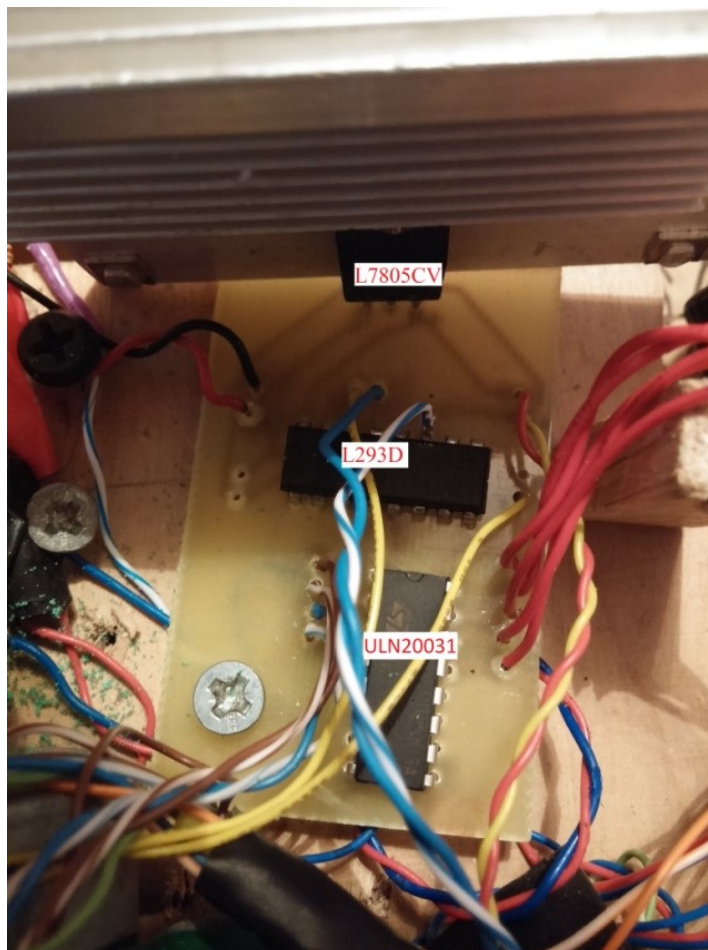
Slika 21: Shema krmilnika motorjev.

Na shemi krmilnika je prikazan napetostni regulator, ki ima izhod 5 V ter krmilna čipa katera krmilita motorje. Priključka k3 in k6 imata izhodno napetost 5 V, katera služita kot napajanje mikrokrmilnika ter vseh petih senzorjev. Krmilna čipa L293D ter ULN2003A pa sta priključena na vhodno napetost, ki je 12 V, razvidno na sliki (21).

Krmilni čip L293D je krmilnik navadnih motorjev s H-mostom, kateri ima dva priključna signala, ki narekujeta smer vrtenja motorja. Konektor k7 je vhodni signal H-mosta, kateri je priključen na izhoda mikrokrmilnika. Na konektor k8, ki je izhod H-mosta, pa je priključen enosmerni motor.

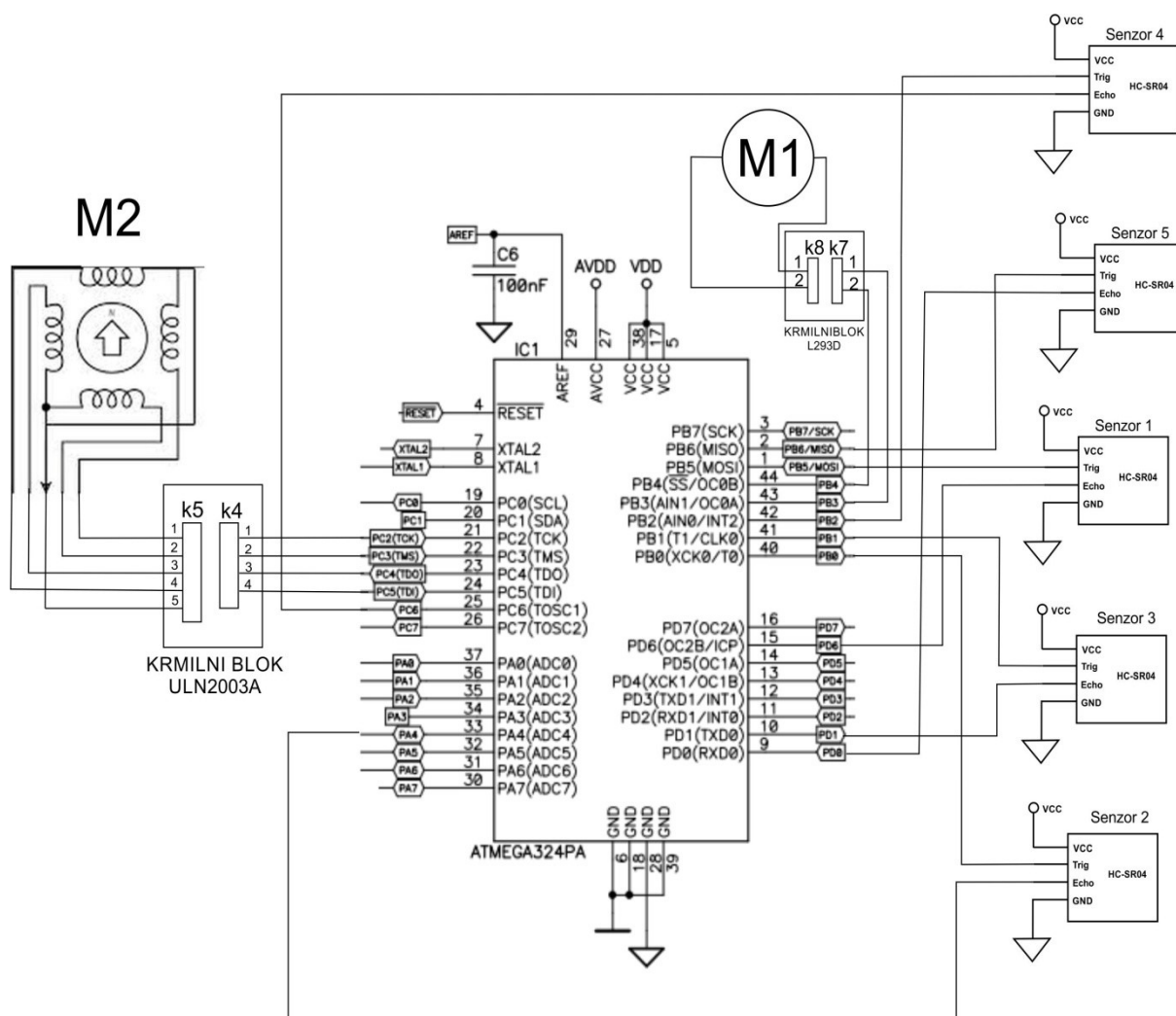
Krmilni čip ULN2003A je krmilnik koračnih motorjev kateri omogoča priključitev motorjev z večjo tokovno porabo. Koračni motor je krmiljen s štirimi krmilnimi signali na konektorju k4. Vhodni priključek k4 je vezan na štiri izhodne signale mikrokrmilnika, kateri

narekuje hitrost ter smer rotacije motorja. Na konektor k5 pa priključimo sam koračni motor, kateri ima poleg signalnih kanalov še napetostni vod 0. Na sliki (22) je prikazana izvedba krmilnika z namenskiimi čipi.



Slika 22: Krmilnik motorjev.

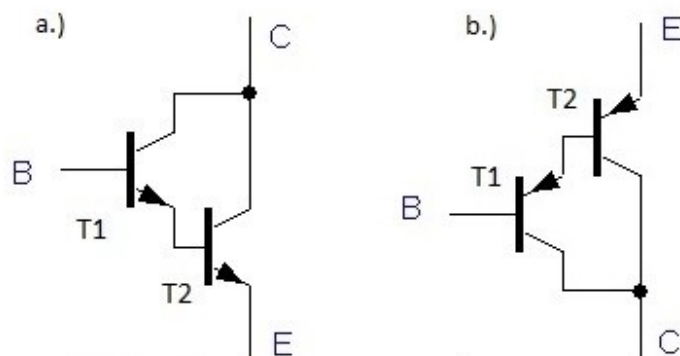
Na sliki (23) je prikazana priključna shema motorjev, senzorjev ter krmilni bloki posamičnih motorjev, na mikrokontroler Atmega324A. Na mikrokrmilniku tako potrebujemo pet vhodnih in pet izhodnih priključkov za priključitev vseh petih senzorjev, štiri izhodne priključke potrebujemo za krmiljenje koračnega motorja ter dva izhodna priključka za pogonski motor. Za priključitev vseh senzorjev ter motorjev potrebujemo šestnajst priključkov na mikrokrmilnik.



Slika 23: Priključna shema mikrokrmilnika s senzorji in motorji

3.3.1 Darlington vezje

Vezava tranzistorjev v Darlington načinu predstavlja najenostavnejši tokovni ojačevalnik ali ojačevalnik moči. Omogoča nam veliko večja ojačenja, ki jih s posamičnim tranzistorjem ne moremo doseči. Darlington vezje predstavlja enostavno zaporedno vezavo dveh ali več tranzistorjev. Tako okrepljen tok prvega tranzistorja preide na bazo drugega tranzistorja. Faktor tokovnega ojačenja Darlington ojačevalnika je produkt posameznih faktorjev tokovnega ojačenja tranzistorjev v verigi. V verigo lahko vežemo samo enako usmerjene tranzistorje NPN ali PNP, kar je dobro vidno na sliki (24).



Slika 24: a) NPN vezava. b) PNP vezava Darlington vezja [15].

Kolektorja dveh tranzistorjev povežemo skupaj, emitorski tok prvega tranzistorja pa peljemo v bazo drugega tranzistorja. Tako se ojačenje prvega tranzistorja prenese na drugi tranzistor, ki ga ta še bolj ojači. Dobimo nov tripolni element, ki je podoben bipolarnemu. Ojačenje vezja lahko izračunamo po enačbi (7), kjer predstavlja produkt tokovnega ojačenja tranzistorjev ter prištevek ojačitev posameznega tranzistorja.

$$\beta = \beta_{T1} * \beta_{T2} + \beta_{T1} + \beta_{T2} \quad (7)$$

Pri velikih tokovnih ojačenjih β_{T1} ter β_{T2} lahko prištevek posameznih ojačitev tranzistorjev zanemarimo, kot je razvidno iz enačbe (8).

$$\beta \approx \beta_{T1} * \beta_{T2} \quad (8)$$

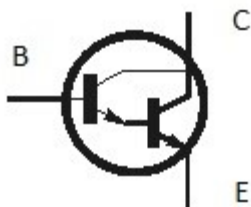
Z uporabo identičnih tranzistorjev v Darlington vezju lahko enačbo poenostavimo ter jo izrazimo: $\beta \approx \beta_{T1}^2$ [15].

Darlington vezava po enačbi (8), znaša približno 1000, kjer ima posamični tranzistor ojačenje približno 31.6. Prednost prekipov tranzistorjev pri taki vezavi je velika tokovna občutljivost na vhodu tranzistorja, kjer že zelo majhen bazni tok lahko preklopi veliko večje breme. Visoko tokovno breme velikosti 1 ampera lahko že krmilimo z vhodnim signalom velikosti 1 mili ampera. Taka vezava je primerna za krmiljenje raznih relejev, svetil, motorjev, kontrolerjev. Napetostni signal preklopa iz nizkega stanja v visoko stanje posamičnega tranzistorja mora znašati med bazo in emitorjem 0,7 voltov. Zaradi zaporedne vezave tranzistorjev v Darlington vezju se prekipna napetost celotnega vezja zviša.

V najpreprostejši vezavi dveh tranzistorjev, se njuni preklopni napetosti seštejeta. Po enačbi (9) znaša priklopna napetost dveh tranzistorjev v Darlington vezavi 1,4 volta.

$$V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2} \approx 2 * V_{BE1} \quad (9)$$

Kjer je V_{BE} napetost med bazo in emitorjem Darlington vezja, V_{BE1} ter V_{BE2} pa sta napetosti med bazo in emitorjem posamičnega tranzistorja [17]. Na sliki (25) je prikazan simbol Darlington vezja.

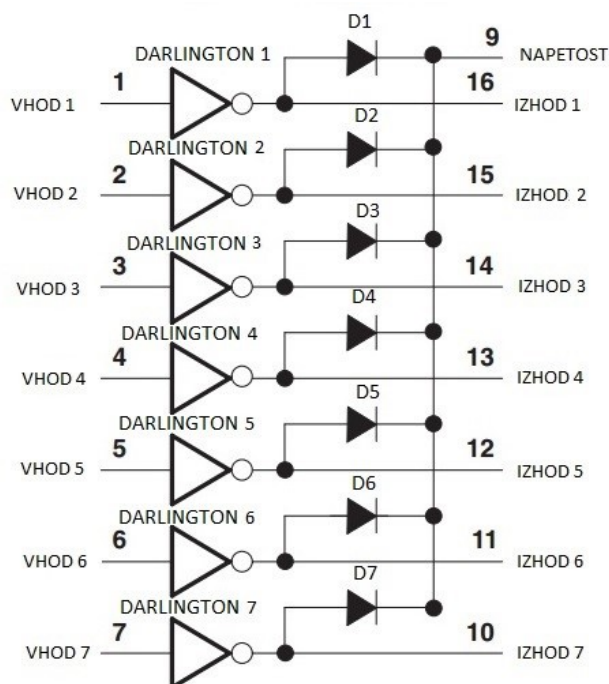


Slika 25: Simbol Darlington vezja.[16].

Darlington vezje je enostavna vezava tranzistorjev, ki jo dobimo v integrirani obliki – s tem lahko prihranimo veliko prostora pri dizajniranju novih vezij. Prav tako ga lahko sestavimo sami z dvema tranzistorjema, vendar moramo paziti, da je izhodni tranzistor močnostni. Poleg dobrih ojačevalnih lastnosti ima tudi slabe lastnosti: časovna preklopna zakasnitev, višja vhodna preklopna napetost, omejena pasovna širina, fazni premik, ki lahko privede do težav pri določenih frekvencah v vezju z negativno povratno informacijo. V našem primeru smo uporabili temu namenski čip ULN2003A. Zaradi hitrejše ter enostavnejše uporabe. Darlington vezava za krmiljenje koračnega motorja s tranzistorji bi bila prevelika, in bi zavzela preveč prostora na maketi. Tako bi potrebovali za en koračni motor osem tranzistorjev.

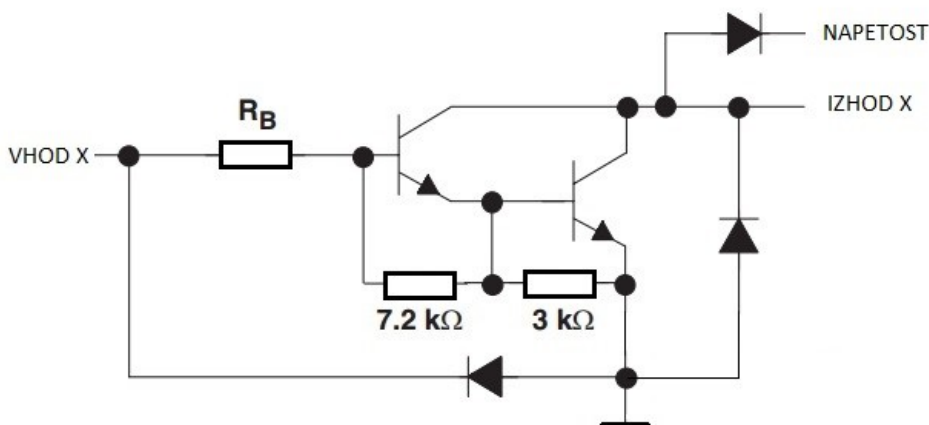
3.3.2 ULN200xA

Ta uporabna integrirana vezja služijo pri krmiljenju visokotokovnih relejev ter motorjev, ki zahtevajo večjo moč, kot jo lahko mikrokontroler premore. Tako lahko z nizkim napetostnim vezjem krmilimo večja bremena. Breme priklopimo med izhodni pin ter napajalni pin, kjer je napetost lahko do 50 V. Slika (26) prikazuje sklop sedmih darlington vezij v čipu [18].



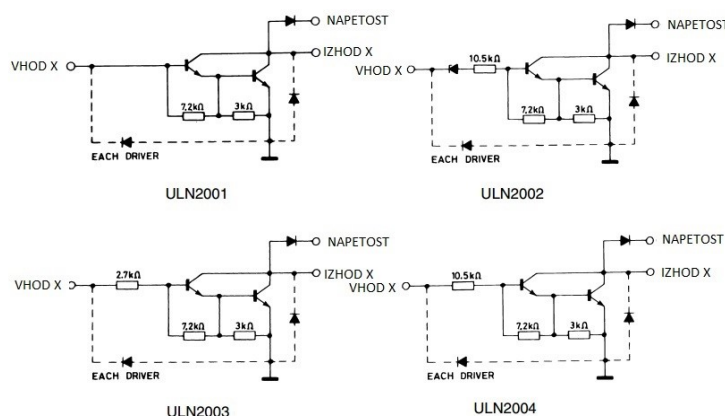
Slika 26: Poenostavljeno vezje 7-kanalnega ULN200xA [19].

Integrirana vezja ULN200xA vsebujejo niz sedmih NPN visokonapetostnih, in visokotokovnih Darlington tranzistorjev. V našem primeru smo jih uporabili štiri. Slika (27) nam prikazuje delovanje integriranega vezja, kjer na vhodni priključek postavimo visoki signal, nato Darlington vezje preklopi na ozemljitev. Tako je na izhodu nizko stanje. V primeru postavitve vhodnega priključka na nizko stanje, tranzistorji ne preklopijo zaradi prenizke napetosti, tako na izhodu ni nobenega napetostnega stanja samo odprte sponke. Breme priklopimo med napetostni ter izhodni priključek.



Slika 27: Shematski prikaz enega kanala ULN200xA [19].

Poznamo več vrst izvedb modelov ULN200xA, kjer ima vsak model posebej značilno vhodno oziroma krmilno napetost. ULN2001A se uporablja za splošno uporabo brez prilagoditve vhodov. ULN2002A model ima posebej prilagojene vhode za napetosti od 14 V do 25 V. Vsak vhodni kanal ima serijsko vezano zenner diodo ter upor, ki omeji vhodni tok za varnejše delovanje. V tem projektu je uporabljen model ULN2003A, kjer je vsak vhod v Darlington vezje prilagojen z uporom velikosti 2,7 k Ω . Prilagoditev vhodov nam omogoča krmiljenje modela ULN2003A direktno z mikrokrmilnikom. Model ULN2004A ima prilagojene vhode z uporom velikosti 10,5 k Ω , ki omogoči krmiljenje z napetostjo od 6 V do 15 V. Na sliki (28) so prikazane različne izvedbe integriranega vezja ULN200xA [18].



Slika 28: Shematski prikaz enega kanala več izvedb ULN200xA [18].

Vsaka veja Darlington vezja ima tokovno omejitev. Na tem integriranem vezju je sedem NPN Darlington tranzistorjev, kjer ima vsak kanal omejitev 500 mA. Tabela (2) nam prikazuje parametre delovanja integriranega vezja ULN2003A.

Tabela 2: Parametri vezja ULN2003A [18]

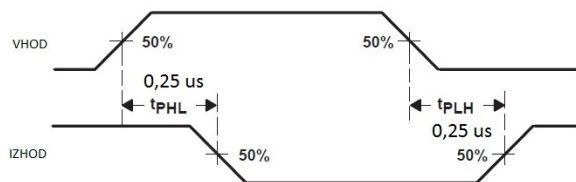
Simbol	Parameter	Vrednost	Enota
V_I	Izhodna napetost	50	V
V_V	Vhodna napetost	30	v
I_C	Kolektorski tok	500	mA
I_B	Bazni tok	25	mA
T_A	Temperatura delovanja	-40 do 85	°C

T_{STG}	Temperatura skladiščenja	-55 do 150	°C
T_J	Temperatura spoja	150	°C
R_{thJA}	Toplotna upornost med stičiščem ter okolico	70	°C/W

Tabela 3: Meritve proizvajalca [18]

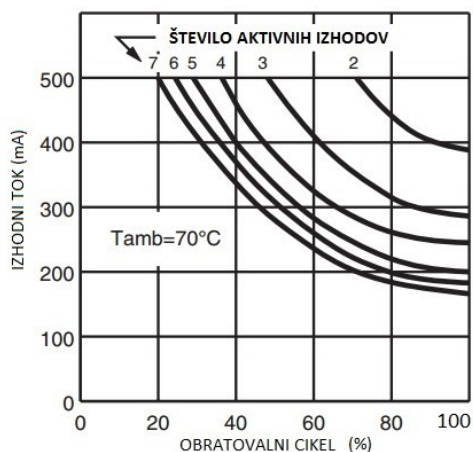
Simbol	Parameter	Pogoji	Min.	Prip.	Maks.	Enota
I_{CEX}	Izhajanje izhodnega toka	$V_{CE} = 50 \text{ V}$			50	μA
		$T_A = 85^\circ\text{C}, V_{CE} = 50 \text{ V}$			100	
V_{CEX}	Nasičenost med kolektorjem ter emitorjem	$I_C = 100 \text{ mA}, I_B = 250 \mu\text{A}$		0,9	1,1	V
		$I_C = 200 \text{ mA}, I_B = 350 \mu\text{A}$		1,1	1,3	
		$I_C = 350 \text{ mA}, I_B = 500 \mu\text{A}$		1,3	1,6	
$I_{i(ON)}$	Tok preklopa	$V_i = 3,85 \text{ V}$		0,93	1,35	mA
$I_{i(OFF)}$	Tok odklopa	$T_A = 85^\circ\text{C}, I_C = 500 \mu\text{A}$	50	65		μA
$V_{i(ON)}$	Vhodna napetost preklopa	$I_C = 200 \text{ mA}$			2,4	V
		$I_C = 250 \text{ mA}$			2,7	
		$I_C = 300 \text{ mA}$			3	
h_{FE}	Ojačenje	$I_C = 350 \text{ mA}, V_{CE} = 2 \text{ V}$	1000			
C_i	Vhodna kapacitivnost			15	25	pF
t_{PLH}	Zakasnitev preklopa			0,25	1	μs
t_{PHL}	Zakasnitev odklopa			0,25	1	μs

Vsaka Darlington veja v integriranih vezjih ULN2003A ima časovne zakasnitve. Zakasnitve se pojavijo zaradi zaporedne vezave tranzistorjev v Darlington vezavi, kjer vhodni tranzistor ne more v takojšnjem času preklopiti iz nizkega v visoko stanje ter obratno. Po meritvah proizvajalca, tabela (3), se te zakasnitve gibljejo do $1 \mu\text{s}$, kot je prikazano na sliki (29).



Slika 29: Časovne zakasnitve ULN2003A [19]

Vsak od izhodov ULN2003A je omejen z obremenitvijo 500 mA, medtem ko lahko celotni niz vezja premore do 1 A, odvisno od konfiguracije ter temperature okolice. Ko se istočasno nadzoruje več izhodov, je potrebno upoštevati graf (1), kjer je podan v podatkovnem listu [18], ter določiti največjo uporabo toka na izhodu. Krivulja grafa je odvisna od obratovalnega cikla ter število aktivnih izhodov. Za primer uporabimo obratovalni cikel 100 %, kjer pri istočasnem krmiljenju dveh izhodov dobimo tok vsakega kanala približno 390 mA. Tako pri istočasnem krmiljenju štirih izhodov dobimo največji tok posameznega kanala približno 260 mA. V našem primeru sta največ krmiljena dva vhoda hkrati, razvidno iz sekvence preklpov posameznih stikal iz slike (30). Tako maksimalni tok enega darlington izhoda znaša po grafu (1) okoli 390 mA, pri 100% obratovalnem ciklu.



Graf 1: Maksimalni tok, ki je odvisen od obratovalnega cikla [18, stran 5].

3.3.3 Koračni motorji

Koračni motorji so elektromehanične naprave, ki pretvorijo električni pulz v mehanični premik. Vsak vrtljaj koračnega motorja je sestavljen iz niza enakih korakov, ki definirajo

natančnost koračnih motorjev. Tako je motor z več koraki (manjšim premičnim kotom) natančnejši. Število korakov v enem obratu (360°) je odvisno od izvedbe koračnega motorja, ki glede na izvedbo konstrukcije omogoča velikost premičnega kota. Kot koračnega motorja lahko izračunamo po enačbi (10):

$$\alpha = \frac{360^\circ}{N1 * N2}, \quad (10)$$

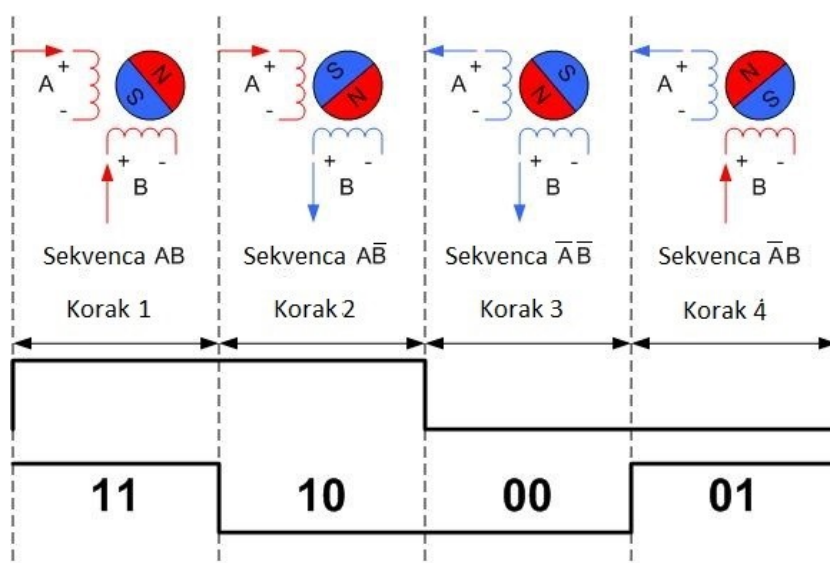
kjer je α premični kot enega koraka, N1 število zob rotorja ter N2 število statorskih faz. Koračne motorje glede na konstrukcijo delimo na tri tipe:

- koračni motor s permanentnim magnetom,
- koračni motor s spremenljivo reluktanco,
- hibridni koračni motor.

Glede na vezavo jih delimo v dve vrsti:

- unipolarno in
- bipolarno vezavo.

Ti motorji so primerni za krmiljenje elementov, pri katerih je potreben natančen ter kontroliran premik. Rotacijo motorja oz. premik za en korak dosežemo s pravilno sekvenco električnih signalov, vidno na sliki (30) [21].

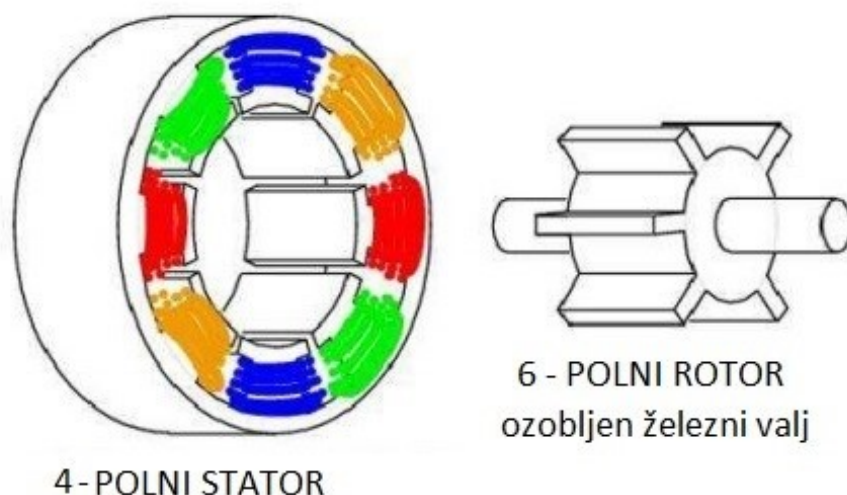


Slika 30: Sekvenčni prikaz delovanja [20].

Pozicija motorja je tako lahko kontrolirana brez povratnega signala. Ko se sekvenca spreminja s frekvenco, se premikanje koračnega motorja spremeni v tekočo rotacijo s hitrostjo odvisno od frekvence. Smer rotacije določimo s smerjo sekvence, ki je razvidna na sliki (30). Motor se vrti v desno smer, če sekvenca sledi po korakih od 1 do 4, ter obratno, če sekvenca sledi korakom od 4 do 1. Koračni motorji se uporabljajo tako v industrijskih kot komercialnih napravah in sicer zaradi njihove nizke cene, visoke zanesljivosti in zmogljivosti pri počasnejši hitrosti ter zgradbe, ki omogoča obratovanje v skoraj vsakem okolju. V našem primeru je uporabljen koračni motor s spremenljivo reluktanco v unipolarni vezavi. Uporabljen je bil zaradi njegove majhne velikosti, ter primerne pritrdilnega ohišja. Njegova slabost je v tem da ima velik premični kot $7,5^\circ$.

3.3.3.1. Koračni motor s spremenljivo reluktanco

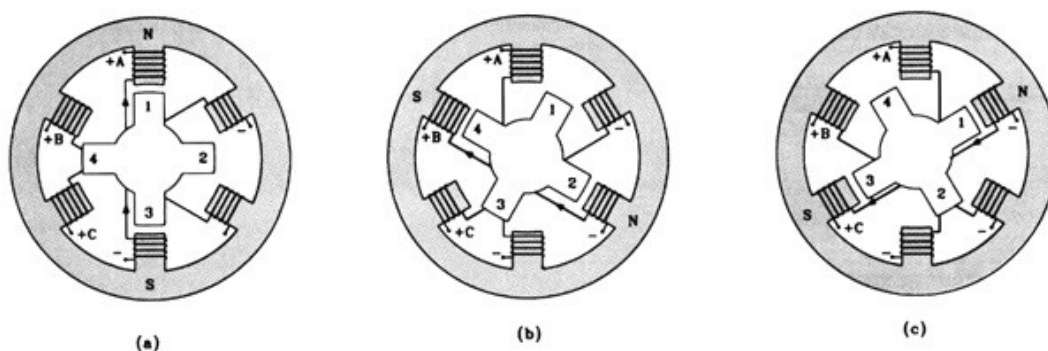
Koračni motor s spremenljivo reluktanco je zelo podoben motorju s permanentnim magnetom, z razliko, da je rotor iz ozobljenega železa. Statorska navitja, ki so vzbujena, pritegnejo najmanj oddaljene zobe rotorja, ter ob pravilni sekvenci vzbujanja statorskih navitij povzroči rotacijo rotorja. Slika (31) prikazuje poenostavljeno izvedbo motorja s spremenljivo reluktanco s štirimi statorskimi in šestimi rotorskimi poli [22].



Slika 31: Koračni motor s spremenljivo reluktanco [22].

Slika (32. a) prikazuje stanje, ko ob vzbujanju navitja A pritegne prvi pol rotorja, ki se poravna v smeri elektromagnetnega polja. V naslednjem koraku, ki ga prikazuje slika (32. b),

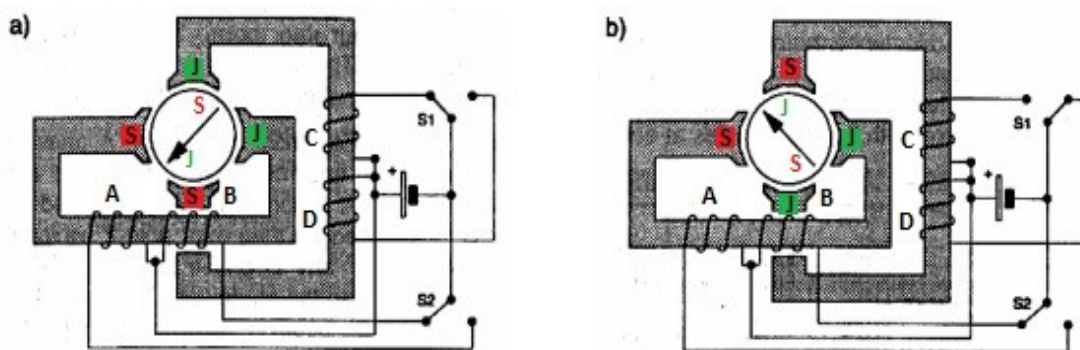
prenehamo vzbujati navitje A ter pričnemo vzbujati navitje B. Statorsko navitje B tako pritegne zob rotorja ter povzroči premik zobatega rotorja. Naslednji premik povzroči vzbujanje statorskega navitja C. V tem primeru, kjer imamo samo 6 statorskih navitij, za naslednji korak ponovno zbudimo navitje A ter tako naprej po sekvenčnem zaporedju. Pri vzbujanju navitij se zaradi serijske vezave vzbujata tudi nasprotno ležeče navitje, ki ima obrnjeno elektromagnetno smer. Kot koraka zmanjšamo s povečanjem števila statorjev ter zob na rotorju.



Slika 32: Delovanje koračnega motorja s spremenljivo reluktanco [23].

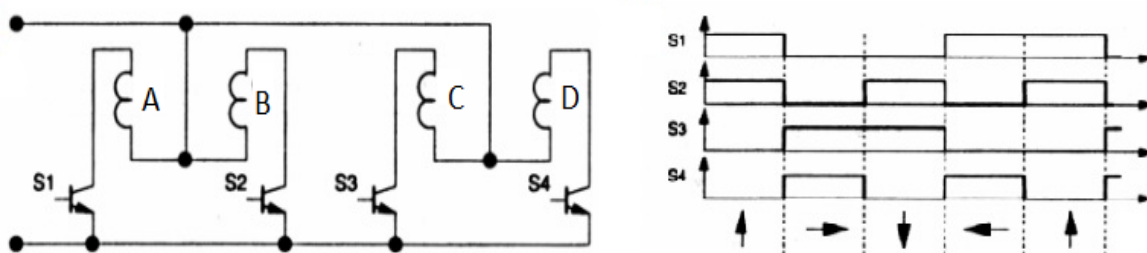
3.3.3.2. Unipolarna vezava

Unipolarna vezava koračnega motorja je izvedena iz štirih tuljav, ki so po parih povezane. Tako predstavlja tuljavo s sredinskim odcepom, ki je priključen na pozitivni napajalni pol, razvidno na sliki (33). Smer toka skozi navitje je odvisna od tega, kateri konec navitja je priključen na drugi potencial napajalnega izvora. Z vzbujanjem ene od strani navitja povzroči menjavo magnetnih polov [24].



Slika 33: Shematski prikaz 4-faznega unipolarnega motorja [24].

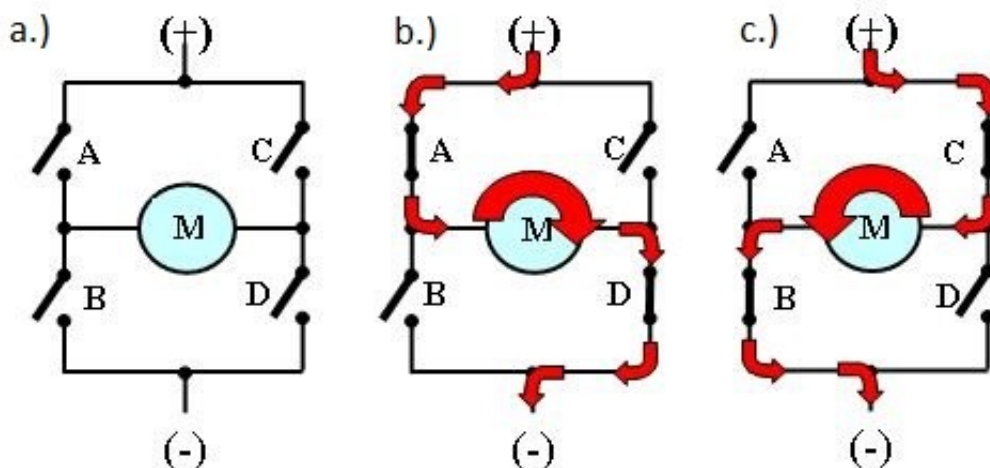
Slika (33) prikazuje unipolarno vezavo koračnih motorjev s štirimi statorskimi navitji. Ob prekloplitvi stikal S1 in S2 vzbujamo statorski navitji B ter C. Tako se pojavi na koncih tuljav usmerjeno magnetno polje, kot je razvidno na sliki (33. a). Usmerjenost statorskega magnetnega polja pritegne rotor v smeri magnetnega polja. Rotorski južni pol se poravnava s statorskim severnim polom, severni rotorski pol pa s statorskim južnim polom. V naslednjem koraku preklapimo stikalo S1, tako da je vzbujeno statorsko navitje D, vidno na sliki (33. b). Ob vzbujanju statorskega navitja D se usmerjenost magnetnega polja na koncih navitij obrne ter povzroči premik rotorja v smeri magnetnega polja. Sledita še 2 koraka preklopa stikal, da dosežemo en obrat (360°) rotorja. V tretjem koraku preklapimo stikalo S2 za vzbujanje statorskega navitja A, v četrtem koraku pa preklapimo stikalo S1 za vzbujanje statorskega navitja C. Sekvenca preklapljanja je prikazana na sliki (34).



Slika 34: Sekvenca preklopov posameznih stikal [24].

3.3.4 H-most

H-most je električna vezava, ki omogoča priključek potencialov na breme v kakršni koli smeri. Te vezave so zelo uporabne v robotski ter ostali tehniki, ki zahteva krmiljenje enosmernih motorjev v kakršni koli smeri. H-most vezavo dobimo v integrirani obliki v čipu ali pa to izvedemo s stikali, releji, tranzistorji ali z mosfeti. Krmilnik je izveden s štirimi preklopnimi stikali, prikazan na sliki (35). Ob sklenitvi električnega tokokroga s sklenitvijo stikal A in D, ter razklenitvijo stikal B in C povzroči vrtenje enosmernega motorja v določeno smer, razvidno na sliki (35. b). V obratnem primeru, ko sta stikali A in D razklenjeni ter stikali B in C sklenjeni, električni motor spremeni smer – razvidno s slike (35. c). Paziti moramo, da ob istem času ne sklenemo stikal A in B ter C in D, v tem primeru pride do kratkega stika. Sekvenca preklopov je prikazana v tabeli (4). V našem primeru je uporabljeno integrirano vezje L293D [25].



Slika 35: Delovanje H-mosta.[26].

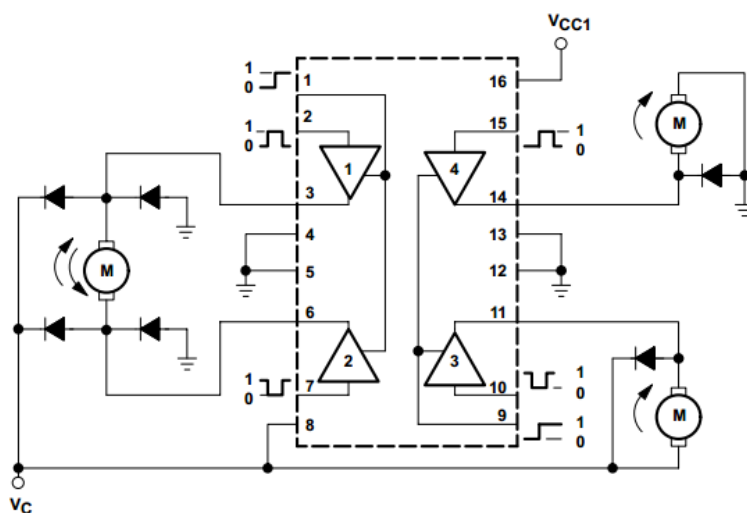
Tabela 4: Preklopno delovanje H-mosta [25].

Stikalo A	Stikalo B	Stikalo C	Stikalo D	Rezultat
1	0	0	1	Motor se suče desno
0	1	1	0	Motor se suče levo
0	0	0	0	Motor miruje
0	1	0	1	Motor zavre
1	0	1	0	Motor zavre
1	1	0	0	Prepovedano stanje
0	0	1	1	Prepovedano stanje
1	1	1	1	Prepovedano stanje

3.3.3.3. L293D

Integrirano vezje L293D je štiri kanalni polovični H-most krmilnik, za krmiljenje visoko napetostnih ter visoko tokovnih bremen. Nanj lahko priklopimo napetostno breme od 4,5 voltov do 36 voltov. Bremensko napetost dovedemo integriranemu vezju L293D na priključek 16 (Vcc1), razvidno na sliki (36). Napajalno napetost čipa pa priklopimo na priključek 8 (Vc). Največja tokovna moč omenjenega H-mosta znaša do 600 mA. Na sliki (36) so razvidni štirje polovični H-most krmilniki. Za krmiljenje enega motorja v obe smeri potrebujemo dva

polovična krmilnika, kakor je prikazano na levi strani slike (36). Tako za eno smer deluje en krmilni blok ter za obratno smer drugi krmilni blok H-mosta.



Slika 36: Zgradba integriranega vezja L293D [27].

Za krmiljenje enega H-most krmilnega bloka potrebujemo en podatkovni signal. Za obračanje smeri motorja potrebujemo dve krmilni liniji, kateri narekujeta smer. Liniji priklopimo na vhod vsakega polovičnega H-most krmilnika. V našem primeru priključimo signalno linijo 1 na priključek 2, ter signalno linijo 2 na priključek 7. Tabela (5) prikazuje smer vrtenja motorja glede na podatkovni liniji.

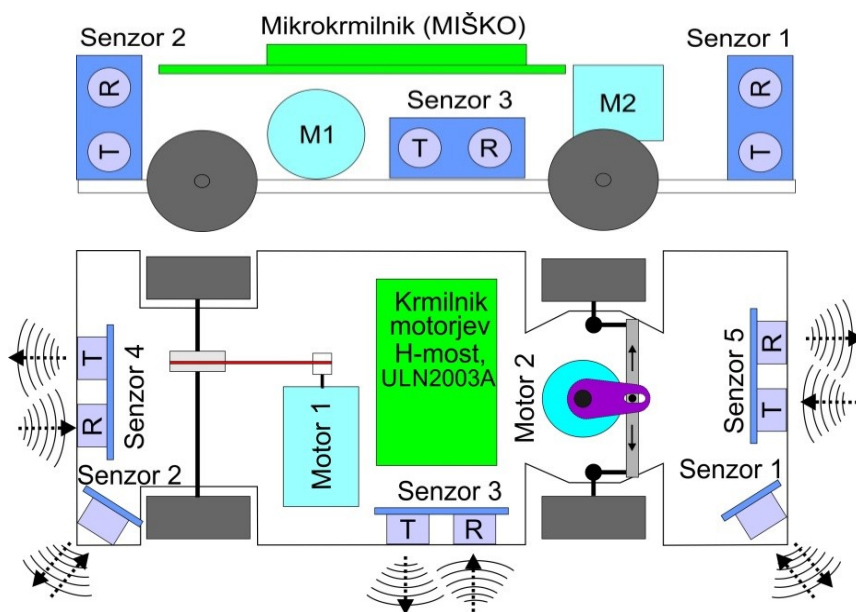
Tabela 5: Smer vrtenja motorja.

Signalna linija 1	Signalna linija 2	Smer vrtenja motorja
0	0	Mirujoče stanje
0	1	Desno
1	0	Levo
1	1	Mirujoče stanje

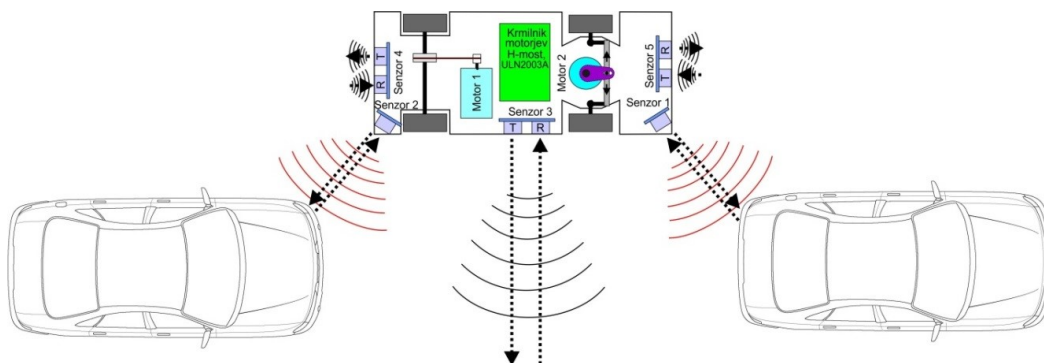
Krmilnik enosmernih motorjev L293D je v našem modelu uporabljen zaradi hitrejše, enostavnejše uporabe ter prostorske ugodnosti. Na našem modelu je bilo realiziranih kar nekaj vrst H-most vezav s tranzistorji, vendar pa zaradi težav moči, shematskih napak ter velikosti vezja niso bila primerna.

4 REALIZACIJA

Na sliki (37) je prikazana postavitve senzorjev 1, 2 ter 3, ki so potrebni za detekcijo prostega parkirnega prostora. Senzorja 1 ter 2 sta postavljena ob desnem prednjem ter zadnjem robu vozila. Ta dva senzorja sta najbolj pomembna pri detekciji velikosti parkirnega mesta, saj mora biti samo parkirno mesto dovolj veliko oz. mora biti razdalja med mirujočimi avtomobili tako velika, da lahko vozilo parkiramo. Senzor 3 pa nam pri parkiranju služi kot detektor praznega prostora. Postopek je prikazan na sliki (38), kjer vidimo kako senzorji (1, 2 in 3) oz. v tem primeru vozilo zazna prazen ter dovolj velik parkirni prostor. Iz slike (38) je razvidno, da je naloga senzorja 1 in 2 zaznati majhno (vendar dovolj veliko) razdaljo od odbitih mirujočih vozil, ki so parkirani na desnem prednjem ter zadnjem robu vidnosti oz. zaznave senzorjev. Odboji, ki jih zaznata senzorja 1 in 2 pa pripomoreta k izračunu velikosti parkirnega mesta. Večja kot je razdalja pri senzorjih 1 in 2, večji je parkirni prostor oz. večja razdalja med mirujočimi vozili na desnem prednjem ter zadnjem robu vozečega vozila pomeni večji parkirni prostor. Ob premajhni razdalji pa senzorja 1 in 2 zaznata premajhen prostor, kar pomeni, da sta mirujoči vozili preveč skupaj. Na sliki (38) vidimo tudi senzor 3, ki služi kot detektor prostega parkirnega prostora. Najmanjša razdalja prostega parkirnega prostora pri senzorju 3 mora tako biti širina vozila, ki pa je seveda odvisna od modela avtomobila.

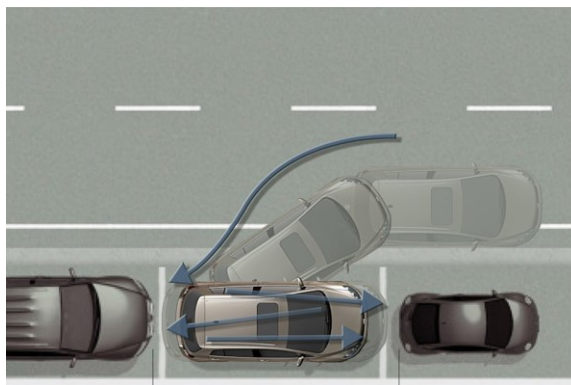


Slika 37: Postavitve senzorjev na maketi.



Slika 38: Zaznavanje prostega parkirnega prostora.

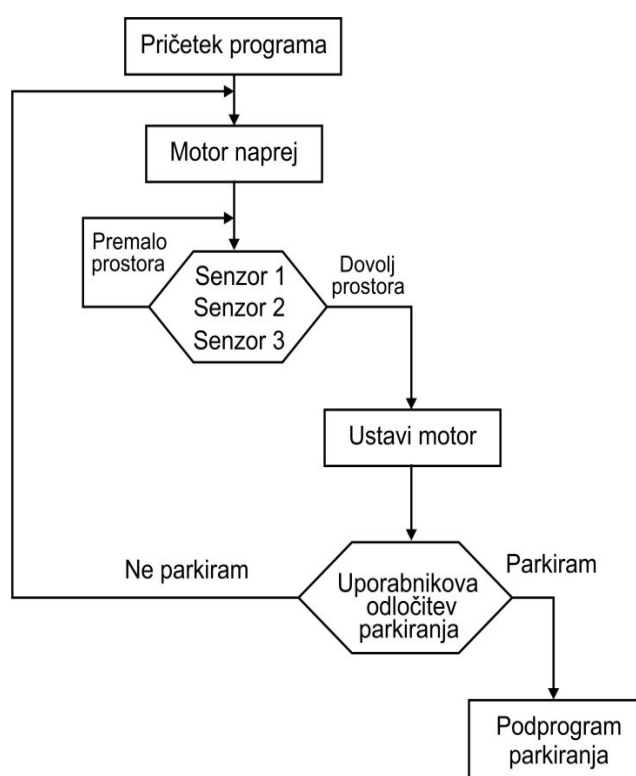
Za kasnejše parkirno manevriranje skrbi vseh 5 senzorjev. V postopku parkiranja se vozilo najprej v primerni razdalji poravna z mirujočim vozilom pred praznim parkirnim prostorom, za kar skrbijo Senzorji 1, 2 in 3. Senzorji pri poravnavi vozila z mirujočim vozilom tako zaznajo primerno razdaljo, ki mora biti približno enaka pri vseh treh senzorjih. Ob sami poravnavi vozila pa senzorja 4 in 5 preverjata nenadne ovire pred vozilom ter za vozilom. Ko je vozilo enkrat poravnano z mirujočim vozilom se prične pomikati vzvratno v parkirni prostor, kjer imata najprej glavno nalogo senzor 3 in 1, ki preverjata razdaljo od zadnjega odbijača prednjega mirujočega vozila, in pripomoreta k temu, da ob dovolj veliki razdalji vozilo začne zavijati v prost parkirni prostor. Pri končnem parkirnem manevriranju, to je postavitvi vozila v sredino parkirnega mesta, sta uporabljena senzorja 4 in 5. Senzorja zaznavata razdaljo med prednjim in zadnjim mirujočim vozilom in tako skrbita za enakomerno razdaljo med vozili do same postavitve vozila na sredino parkirnega prostora. Na sliki (39) so prikazani manevrski postopki pri bočnem parkiranju.



Slika 39: Prikaz manevriranja [28].

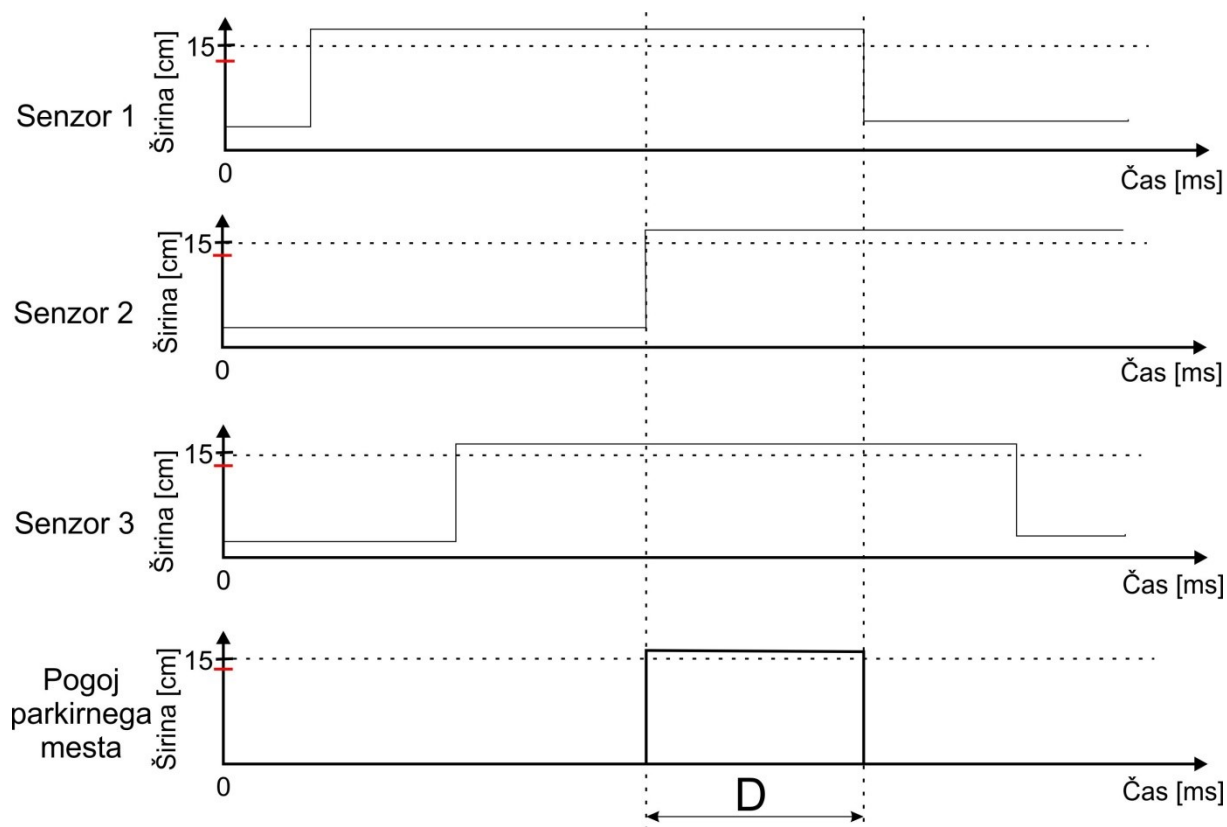
4.1 Programsko izvajanje

Sistem je izveden tako, da se ob detekciji praznega parkirnega prostora vozilo ustavi, kot kaže slika (46) in na zaslonu ponudi uporabniku izbiro (parkiram/ne parkiram). Tako ob pritrdilni izbiri parkiraj (tipka 1) izvaja postopek parkiranja, ki je prikazan na sliki (40). Ob izbiri ne parkiraj (tipka 2) se vozilo odpelje naprej do naslednjega prostega mesta, kjer poskuša ponovno parkirati oz. ponovno ponudi uporabniku izbiro parkiraj/ne parkiraj. Programska koda se izvaja po naslednjih postopkih:



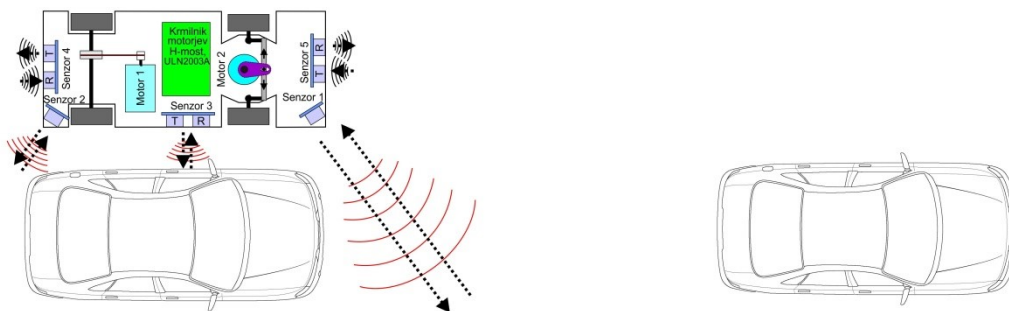
Slika 40: Potek detekcije prostega mesta.

V zanki za preverjanje prostega parkirnega prostora se izvajajo senzorski podprogrami (senzor1, senzor2, senzor3), ki preverjajo razdaljo vozila od ovire oz. mirujočih vozil, ki so parkirani. Zanka se izvaja ali ponavlja dokler se ne izpolni pogoj (dovolj prostora za vozilo), na kar sledi, da se vozilo ustavi oz. izvaja funkcijo ustavi motor. Na sliki (41) je prikazan časovni diagram pri zaznavanju prostega parkirnega prostora, ki ga izvajajo senzorji 1, 2 in 3.



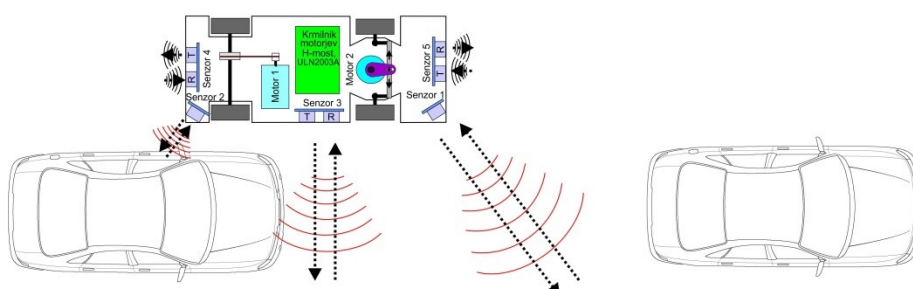
Slika 41: Diagram detekcije prostega prostora.

Diagram prikazuje zaznavanje širine ter dolžine prostega parkirnega prostora. Ob dovolj veliki širini parkirnega prostora, katera mora znašati malo več kot je širina našega vozila, prične teči pogoj vsakega senzorja posebej. V našem primeru pri maketi širina vozila znaša 11 cm. Tako mora biti pogoj vsakega senzorja večji od 11 cm.



Slika 42: Vozilo pri pogoju senzorja 1.

Slika (42) prikazuje stanje senzorja 1 iz časovnega diagrama na sliki (41). Ob detekciji večje od širine vozila prične teči pogoj za senzor 1 kateri traja vse do konca stopnice, oz. do stanja ko pogoj za senzor 1 preneha veljati. Širina stopnice senzorja 1, ki je prikazana na sliki (41), nam sicer poda dolžino prostega parkirnega mesta, vendar pa zaradi hitrosti vozila ter nenadnih ovir pred vozilom ne moremo upoštevati. Tako potrebujemo še en senzor (senzor 2) kateri je nameščen na zadnji del našega vozila, ki prav tako zazna konec prvega mirujočega vozila. Ko prične veljati pogoj za senzor 2 ter ob enem velja pogoj za senzor 1 je parkirno mesto dovolj veliko za naše vozilo.

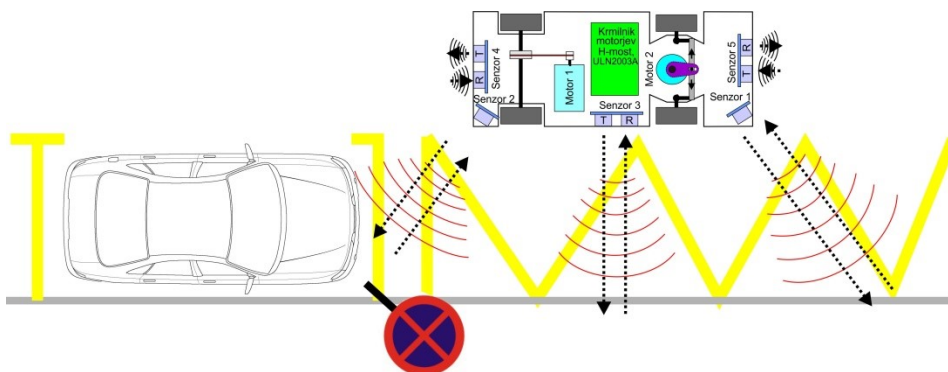


Slika 43: Vozilo pri pogoju senzorja 3.

Slika (43) prikazuje stanje, ko prične veljati pogoj za senzor 3, kateri zaznava manjše ovire na parkirnem mestu. Pogoj za prosti parkirni prostor morajo izpolnjevati vsi trije senzorji in to vsaj v nekem skupnem času prikazano na sliki (41). Širina stopnice (D) v pogoju za prosti parkirni prostor, nam poda dolžino parkirnega mesta, če poznamo dolžino našega vozila. Vendar pa zaradi časovnega spektra, ter nenadnih ovir ne moremo čisto točno določiti širino praznega parkirnega mesta. Za kasnejše parkiranje je že dovolj da pogoj dosegaajo vsi trije senzorji vsaj 1 ms. Prav tako se ob preveliki razdalji praznega parkirnega prostora oz. preveliki spremenljivki »D«, pojavita dva problema:

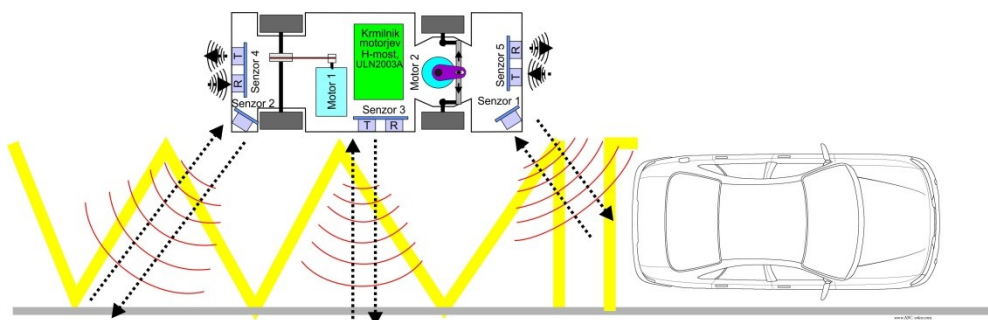
- Konec parkirnih mest oz. prepovedano parkiranje in
- Orientacija vozila.

Prvi prvem problemu ne moremo z našimi ultrazvočnimi senzorji zaznati cestne znake ter označbe, prikazano na sliki (44). Tako sistem ne ve ali lahko parkira ali ne. Sistem brez uporabnikove pomoči ne more nadaljevati. Za rešitev tega problema bi na primer potrebovali kamere, ki bi prepoznavale različne označbe.



Slika 44: Vozilo ob problemu zaznavanja označb za vozilom.

Na podoben problem naletimo v poziciji pred vozilom, tako sistem ne ve ali vozilo lahko parkira ali ne, prikazano na sliki (45).



Slika 45: Vozilo ob problemu zaznavanja označb pred vozilom.

Pri drugem problemu, če prvi problem ni prisoten, pa se ne moremo orientirati v praznem prostoru. Sistem tako zazna, da desno pred našim vozilom v praznem parkirnem prostoru ni nobenega vozila, po katerem bi se orientiral. V takem primeru naš sistem ne pride v poštev, in mora uporabnik oz. voznik sam parkirati vozilo, ki pa ni toliko zahtevno.

Programska koda kjer sistem išče prazen prostor:

```
while(!( senzor(1) > 10 && senzor(2) > PSen2 && senzor(3) > 17 )) //isce prazen prostor
{
    if( senzor(5) < 7 ) // preverjanje nenadne ovire pred vozilom
    {
        MOTOR_STOP();
    }
}
```

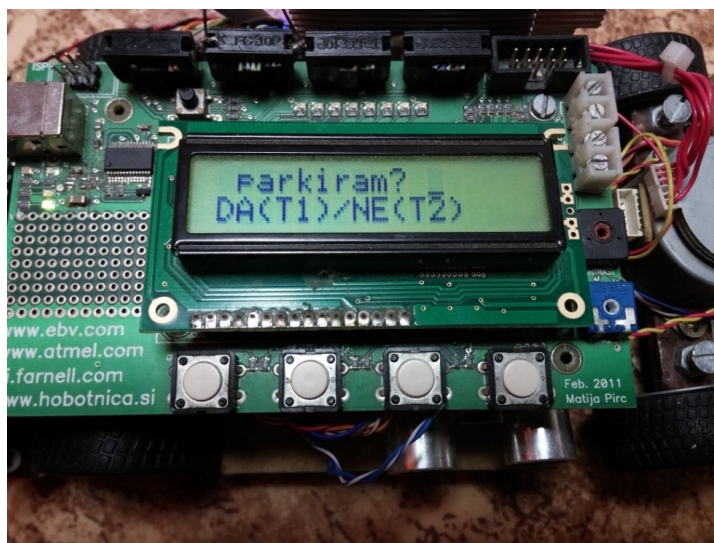
```

    }
    else MOTOR_NAPREJ();
}

while(1) // caka na pritisk tipke parkira ali ne parkira, zaznana parkirno mesto
{
    if(!(PIND & 0x04)) // Tipka 1 parkira
    {
        d=2;
        break;
    }
    if(!(PIND & 0x08)) // Tipka 2 ne parkira
    {
        d=3;
        break;
    }
}
}

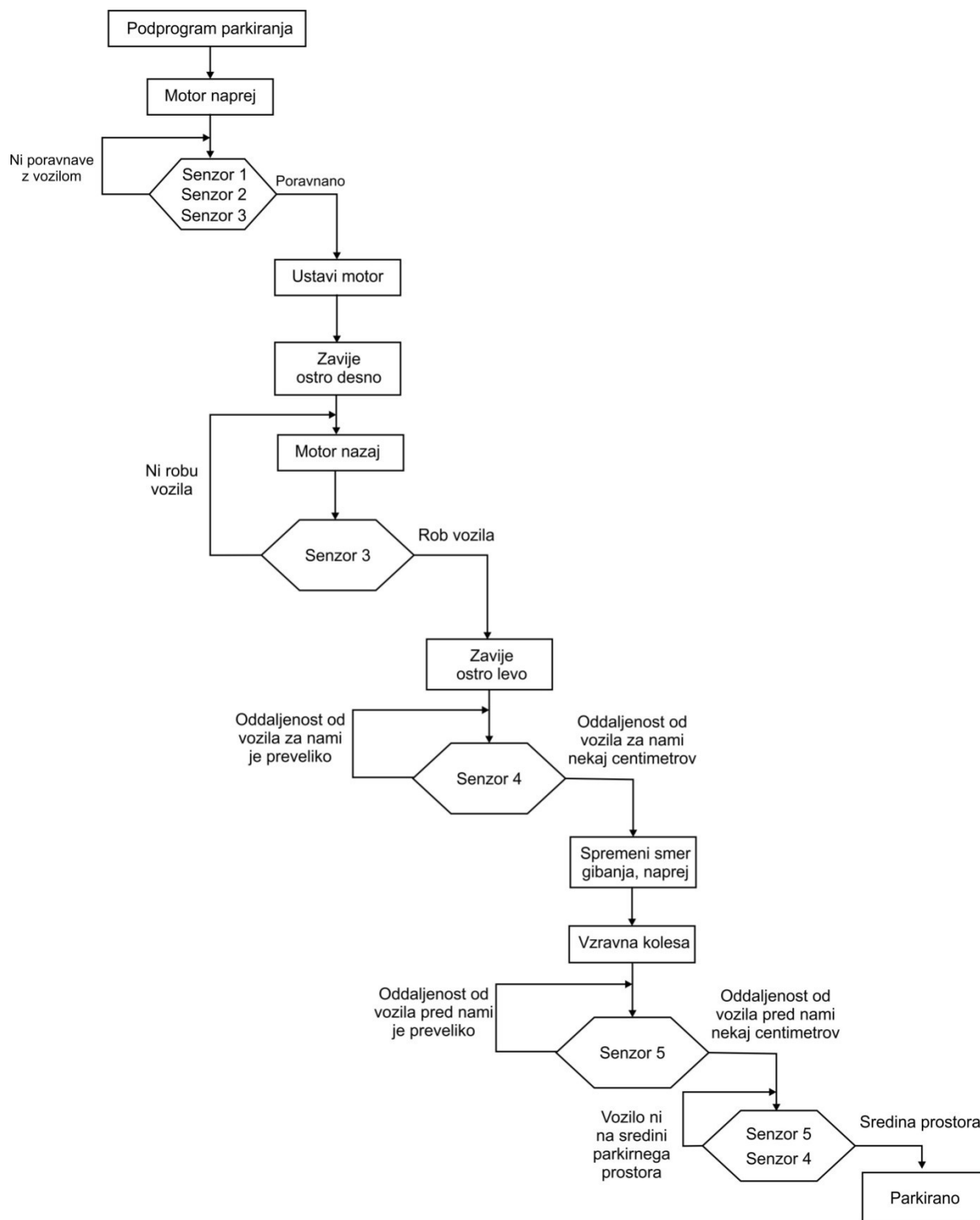
```

Ko je izpolnjen pogoj dovolj prostora za parkiranje se na zaslonu uporabniku prikaže izbira parkiram ali ne parkiram. Ob izbiri, da se vozilo ne parkira, nadaljuje pot do naslednjega mirujočega vozila, kjer se ves postopek preverjanja prostega parkirnega prostora ponovi.



Slika 46: Uporabniški vmesnik.

Ob potrditveni uporabnikovi izbiri o parkiranju vozila se začne izvajati program za nadaljevanje parkiranja, ki je prikazan na sliki (47), Slika nam prikaže potek parkirnega programa, ki je nadaljevanje postopka detekcije praznega prostora s slike (40).



Slika 47: Potek parkirnega programa.

Zgornja zanka preverja enako oddaljenost senzorjev 1, 2 in 3 od prednjega mirujočega vozila. Zato morajo imeti senzorji enako vrednost, če nimajo postopek ponovi, da se naše vozilo poravna vzporedno z mirujočim vozilom pred parkirnim prostorom. Nato vozilo zavije ostro desno ter se počasi (z 45% delovnem ciklom PWM-ja) premika vzvratno v parkirni prostor, kjer imamo drugo zanko s senzorjem 3. Senzor pri tej zanki zaznava rob vozila. Ob detekciji levega zadnjega dela oz. robu mirujočega vozila sistem obrne kolesa ostro levo ter pot nadaljuje do mirujočega vozila za nami. Pri tem imamo tretjo zanko s senzorjem 4, ki zaznava oddaljenost od mirujočega vozila za nami. Če je oddaljenost prevelika vozilo nadaljuje vzvratno vožnjo do detekcije, ko je vozilo za nami oddaljeno nekaj centimetrov. Ko dosežemo zadostno razdaljo med našim vozilom ter mirujočim vozilom za nami, sistem vzravna kolesa ter začne z vožnjo naprej. Tu se pojavi četrta zanka s senzorjem 5, ki zaznava oddaljenost mirujočega vozila pred nami. Če je oddaljenost prevelika nadaljuje vožnjo naprej dokler ne doseže oddaljenost nekaj centimetrov pred vozilom pred nami. Zadnja zanka, kjer delujeta senzorja 4 in 5 pa poravna vozilo na sredino parkirnega prostora in s tem je vozilo parkirano. Upoštevati je potrebno tudi nepredvidene ter nenadne ovire pred in za vozilom oz. senzorji. Tako je potrebno program ustrezno realizirati. Spodaj je prikazana koda, kjer vozilo išče vzporedno mirujoče vozilo pred nami, ter se ob poravnavi z vozilom ustavi.

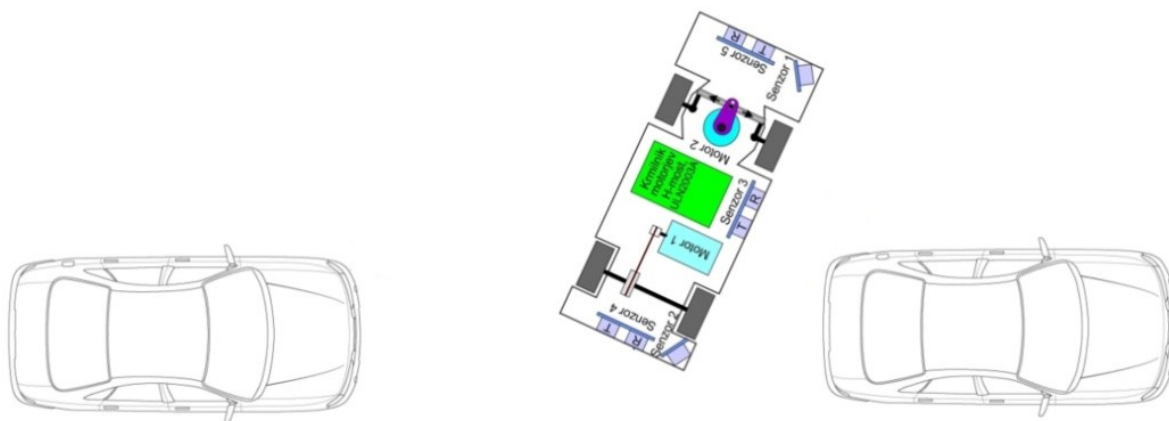
```

if(d==2)      // ob potrditvi parkiranaj se izvaja
{
while(!(senzor(1)<10))      // poravnava avta senzor 1 isce prednjo vozilo
{
ovira(5);      // preverjanje nenadne ovire pred vozilom
}
while(!( senzor(2) < 10 && senzor(3) < 10)) // poravnava avta senzor 2,3
{
ovira(5);
}
MOTOR_STOP();

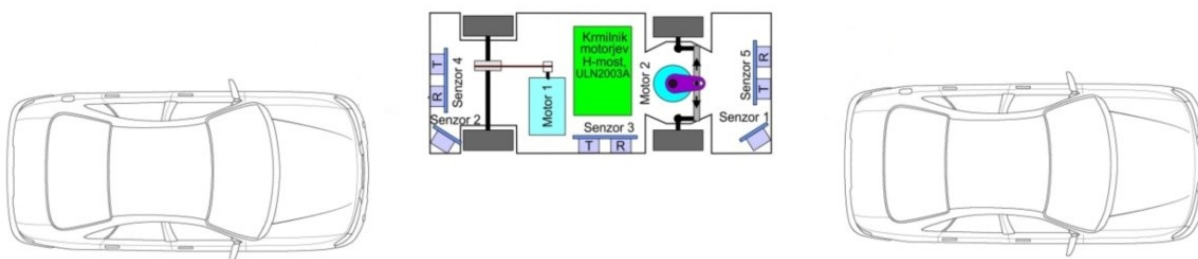
```

Ko se vozilo prične pomikati vzvratno v parkirni prostor, moramo najprej vedeti koliko je bilo naše vozilo oddaljeno od mirujočega vozila. Ta korak je pri bočnem parkiranju najbolj pomemben, kajti ob različnih razdaljah našega vozila od vzporednega vozila, ki je parkirano,

dobimo različno velike zavoje. Ob majhni taki razdalji se lahko naše vozilo pripelje preveč pravokotno na parkirni prostor, prikazano na sliki (48). Ko pa je vozilo bolj oddaljeno od mirujočega vozila pa lahko pride do napačnega parkiranja. Tako se bo naše vozilo postavilo preveč na vozni pas, kar je prikazano na sliki (49).



Slika 48: Prikaz vozila pri prevelikem zavoju.



Slika 49: Prikaz vozila ob premajhnem zavoju.

Težavo prevelikega ali premajhnega zavoja rešujemo tako, da prilagodimo senzorske pogoje pri različnih razdaljah. Tako pri večji razdalji prične prej zavijati, kot pri manjši razdalji. Senzorski pogoji so prikazani v spodnjem switch stavku.

```
switch (razAvta2)
```

```
{
```

```
    case 1: { sen(1)=13; }           // razdalja vzporednega vozila 1 cm
```

```
        break;
```

```
    case 2: { sen(1)=14; }          // razdalja vzporednega vozila 2 cm
```

```

        break;
    case 3: { sen(1)=14; sen(3)=7;}    // razdalja vzporednega vozila 3 cm
        break;
    case 4: { sen(1)=15; sen(3)=8;}    // razdalja vzporednega vozila 4 cm
        break;
    case 5: { sen(1)=16; sen(3)=8;}    // razdalja vzporednega vozila 5 cm
        break;
    case 6: { sen(1)=19; sen(3)=9;}    // razdalja vzporednega vozila 6 cm
        break;
    case 7: { sen(1)=19; sen(3)=10;}   // razdalja vzporednega vozila 7 cm
        break;
    case 8: { sen(1)=20; sen(3)=10;}   // razdalja vzporednega vozila 8 cm
        break;
    case 9: { sen(1)=22; sen(3)=12;}   // razdalja vzporednega vozila 9 cm
        break;
    case 10: { sen(1)=23; sen(3)=12;}  // razdalja vzporednega vozila 10 cm
        break;
    case 11: { sen(1)=29;}              // razdalja vzporednega vozila 11 cm
        break;
    case 12: { senzor(1)=29;}          // razdalja vzporednega vozila 12 cm
        break;
    default:
        ji=0;    // vozilo je preveč oddaljeno od mirujočega vozila
        break;
}
MOTOR_NAZAJ();
zavij(1,4);    // zavije levo

while(!(senzor(1) > sen(1) && senzor(1) < (sen(1) + 2) && senzor(3) > sen(3) &&
senzor(3) < (sen(3) + 2) ))
{
    ovira(4);
}

```

MOTOR_STOP();

Pri pravilni oceni razdalje se ob končanem postopku zavijanja, vozilo mora nahajati 45° od prednjega mirujočega vozila. Naslednja koda tako pripomore k postavitvi vozila v približni center parkirnega mesta.

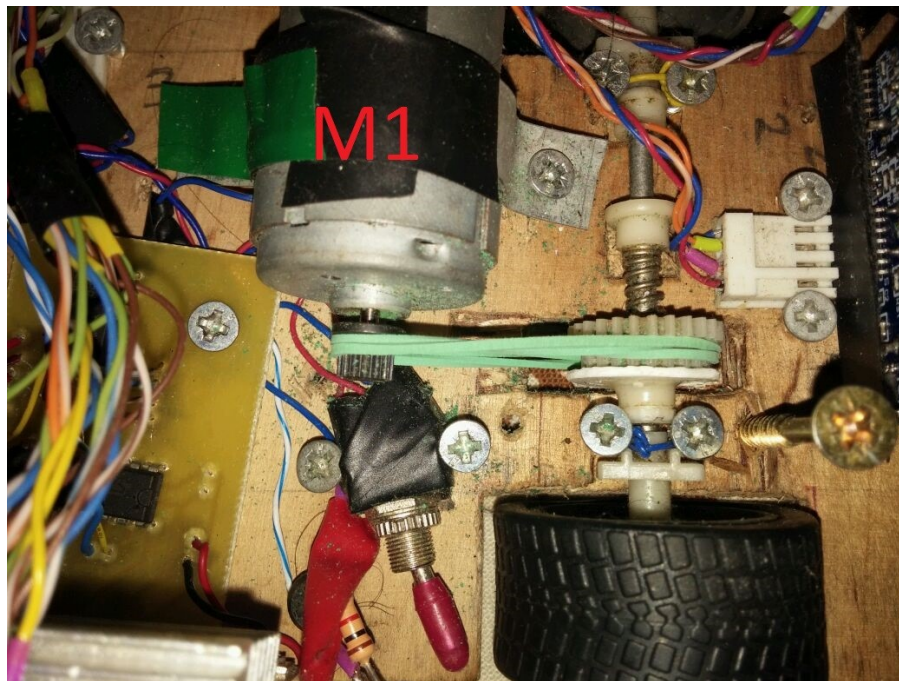
```
zavij(0,8);    // zavije desno  
MOTOR_NAZAJ();  
while(!(senzor(4) < 4 && senzor(4) > 0)) // iskanje zadnjega avta  
MOTOR_STOP();  
zavij(1,4);    // zavije levo poravnane kolesa  
MOTOR_NAPREJ();  
while(!(senzor(4) == senzor(5)))    // iskanje zadnjega avta  
MOTOR_STOP();
```

Pri realizaciji programske kode se je pokazalo kar nekaj težav in sicer pri neskrbnem načrtovanju kode. Potrebno je bilo napisati več debugirnih programov za reševanje raznih težav pri detekciji objektov ter manevriranju vozila. Največje težave povzročijo mrtvi koti senzorjev, kjer ob določeni poziciji ne moremo zaznati položaja vozila. Prav tako so velik problem predstavljali sunkoviti skoki senzorskih podatkov razdalje (podatkovne špice), zaradi katerih so se kasnejši pogojni stavki izvedli ob nepravem času ali zaporedju. To težavo rešimo s povprečjem merilnih rezultatov, tako porežemo nenadne skoke meritev.

4.2 Konstrukcija vozila

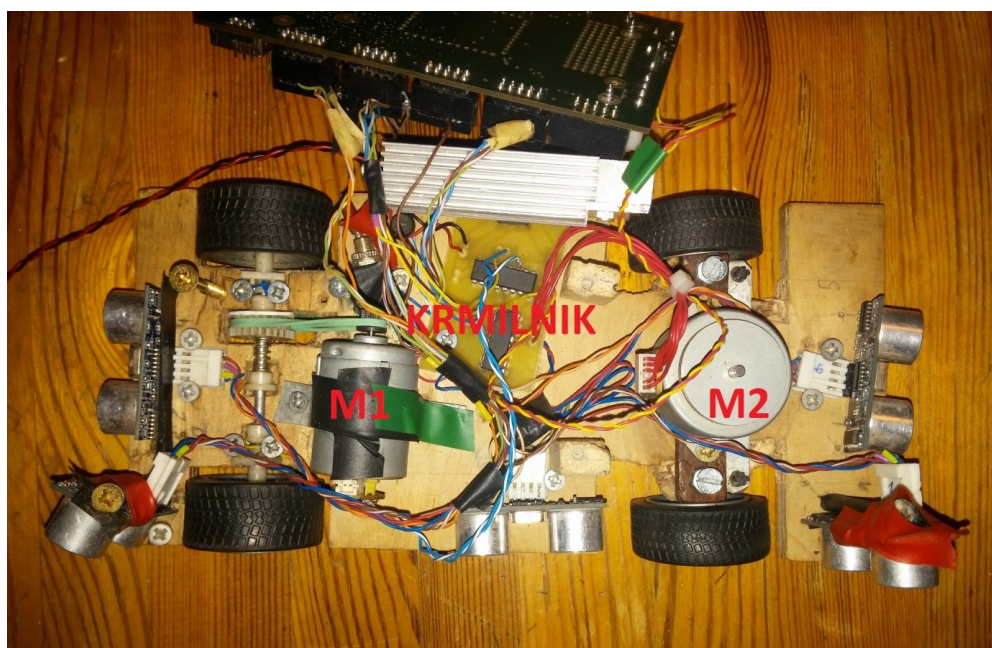
Maketa vozila je sestavljena doma iz že rabljenih delov. Na leseno površino, ki predstavlja spodnjo površino vozila, so pritrjena kolesa, motorji, senzorji ter krmilnik MIŠKO. Na sliki (51) je vidna postavitve električnih ter mehanskih delov. Enosmerni pogonski motor, ki je označen »M1« je v zadnjem delu vozila, pričvrščen poleg zadnjih pogonskih koles. Prenos med motorjem ter pogonskimi kolesi omogoča jermenica, v tem primeru elastika, ki je uporabljena zaradi enostavnejše izvedbe. Iz slike (50) je razvidno, da imajo pogonska kolesa že pričvršten zobati zobčnik, prav tako kot pogonski motor »M1«. Vendar pa zaradi velikosti

motorja, izvedba prenosa brez dodatnega zobatega zobčnika ni mogoča.



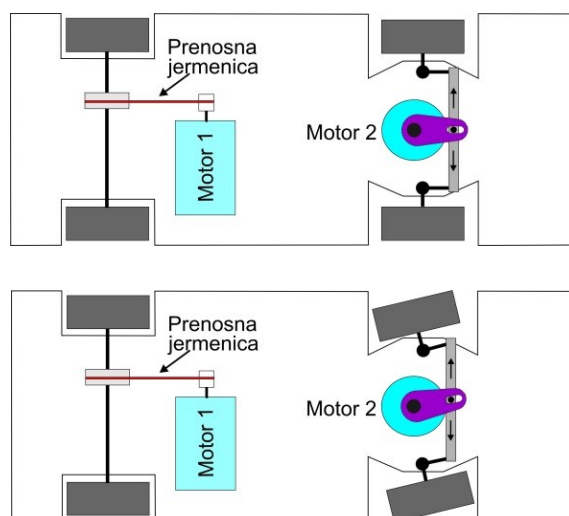
Slika 50: Pogonski motor in pogonska kolesa.

Na maketi je uporabljen enosmerni motor QK1-0550, ki je na sliki (50) označen kot »M1«, ima ob premikanju naprej ter nazaj porabo 200 mA.

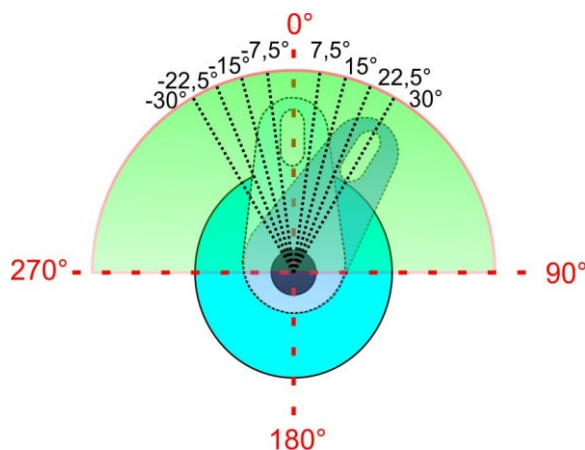


Slika 51: Konstrukcija modela.

Na prednjih kolesih je uporabljen koračni motor s spremenljivo reluktanco, s premičnim kotom $7,5^\circ$, prikazano na sliki (53). V našem primeru koračni motor potrebuje štiri korake za premik koles ostro desno ter osem korakov iz ostro desnega položaja na ostro levi. Na zunanji del rotorskega dela je pričvrščen jeziček, ki prenaša gibe na prednja kolesa. Iz slik (52), je razvidno, da ob premiku koračnega motorja model ustrezno zavije.



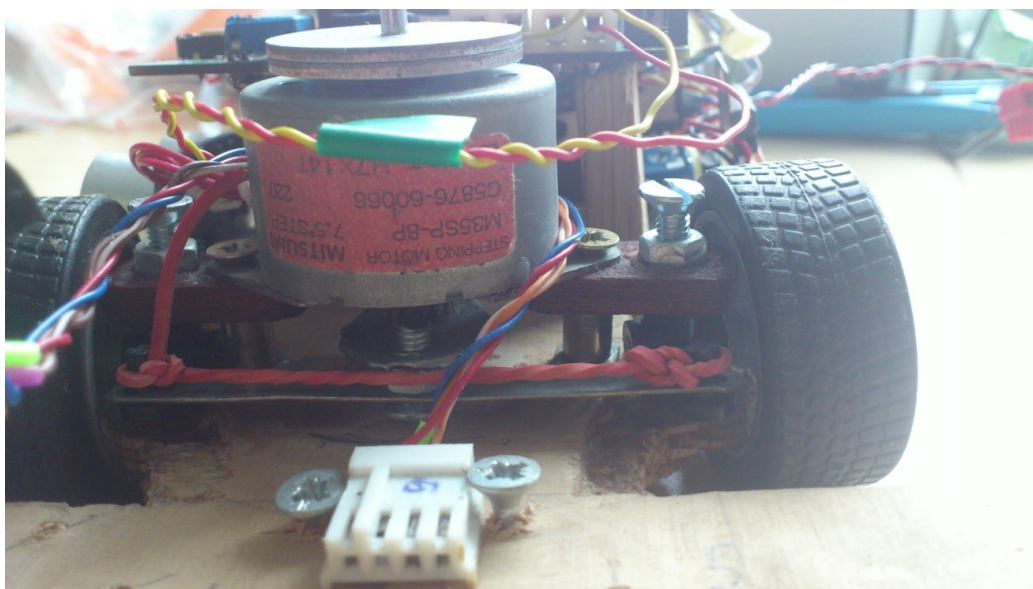
Slika 52: Prikaz delovanja prednjih koles.



Slika 53: Prikaz štirih korakov koračnega motorja.

Vendar Realizacija mehanskega dela prednjih koles ni 100% zanesljiva. Že ob majhni napaki oz. odstopanju koles za $0,5^\circ$, lahko povzroči kasnejše težave pri manevriranju vozila. Zavoji prednjih koles nimajo povratne informacije v sam sistem, kateri bi lahko detektiral pozicijo koles. Sistem je izveden z programsko kodo tako, da morajo biti pri začetnem stanju programa kolesa vzravnana, le tako program ve pozicijo koles. Da ob sami vožnji ne pride do

samodejnega zavijanja, koračni motor drži vedno trenutno stanje zavoja. Posledica tega je velika poraba toka, ki v našem sistemu znaša 460 mA. Po proizvajalčevih podatkih [29] ima koračni motor s spremenljivo reluktanco (Mitsumi M35SP-8) porabo toka na enem kanalu 259 mA.



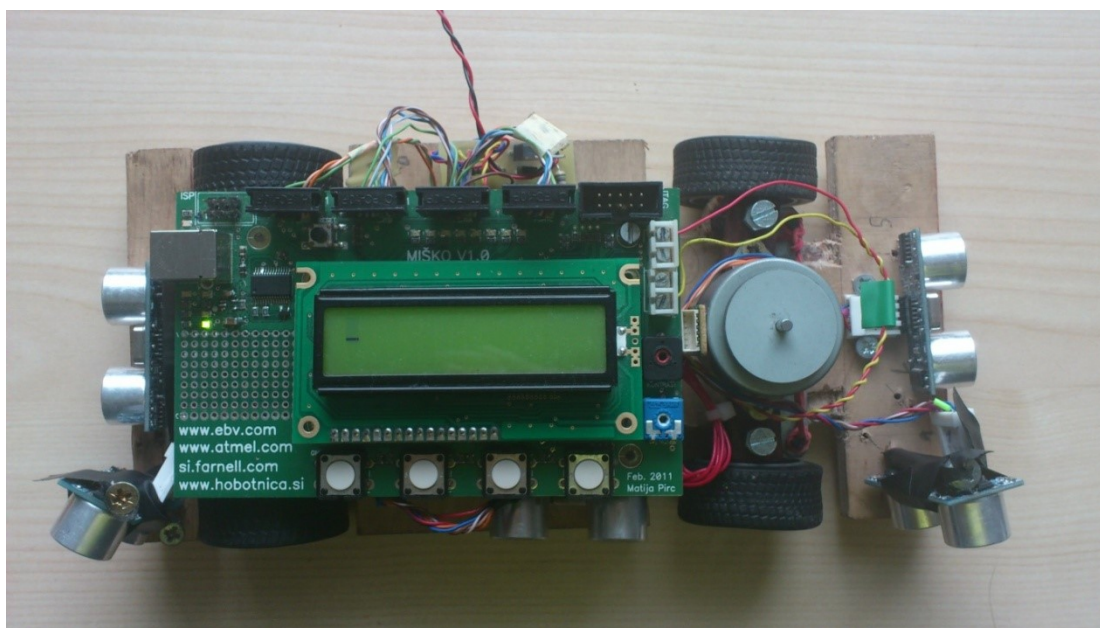
Slika 54: Sestava prednjega zavijanja.

Na sliki (54) je vidno, da je vsako prednje kolo vpeto med dvema deskama, ki omogočata rotacijo kolesnega nosilca. Sinhrono zavijanje obeh prednjih koles omogoča železo, ki povezuje nosilce koles med seboj. Na sredini povezovalnega železa je gibljiv jeziček koračnega motorja, ki nadzoruje premik koles.

Tako ima naša celotna maketa ima pri polnem delovanju po izmerjenih podatkih porabo 830 mA. Poraba posamičnih elektronskih elementov po znaša:

- pogonski motor »M1« 200 mA,
- mikrokontroler MIŠKO 150 mA
- krmilni motor »M2« 460 mA in
- posamični senzor HC-SR04 20 mA.

Za krmiljenje našega celotnega sistema je primeren napajalnik z napajalno napetostjo 12 V ter s tokovno obremenitvijo 1 A.



Slika 55: Končni izdelek.

Na sliki (55) je prikazan končni izdelek poenostavljenega sistema bočnega parkiranja, ki je narejen na šolskem sistemu »MIŠKO«. Sistem krmili mikrokontroler AVR ATmega324A, vgrajenih je pet komercialnih ultrazvočnih senzorjev HC-SR04, ter dva elektromotorja, ki krmilita model vozila. Za lažji nadzor sistema ter komunikacijo med uporabnikom je dodan preprost uporabniški vmesnik z zaslonom ter vnosnimi tipkami. Tako lahko lažje spremljamo potek dogajanja in sami izbiramo izvajanje programa. Celotni izdelek je programiran v programu Atmel Studio 6.0, v jeziku C, za katerega je bilo potrebno skrbno načrtovanje programske kode, če želimo doseči 100% zanesljivost sistema. Trenutni končni izdelek je 98% zanesljiv pri samem parkiranju. Težave se pojavijo, ko se naše vozilo nahaja 45° od mirujočega vozila pred nami, razvidno s slike (48). V tej poziciji je zasledenih največ napak pri parkiranju. Pojavijo se sunkoviti senzorski skoki merjenih razdalj, zaradi odbojnih kotov na katere naleti ultrazvočni signal. To težavo bi se dalo odpraviti z dodatnim ultrazvočnim senzorjem.

5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu je prikazano delovanje samostojnega bočnega parkirnega sistema – podoben se že uporablja v najbolj opremljenih vozilih. Za zanesljivo delovanje parkirnega sistema mora biti le-ta dobro sprogramiran, za njegovo brezhibno delovanje pa moramo uporabiti različne prepoznavne senzorje. Tak sistem si ne sme privoščiti napak, zato ga je potrebno dodobra realizirati ter odpraviti vse možne napake ter dodelati varnostne sisteme.

V diplomskem delu je bilo uporabljenih 5 ultrazvočnih senzorjev za detekcijo razdalje ter 8-bitni mikroprocesor, ki skrbi za pravilno delovanje sistema. Pri nakupu ultrazvočnih senzorjev in mikroprocesorja sem izbral cenovno ugodnejše variante. Z uporabo ultrazvočnih senzorskih informacij je vozilo uspešno parkiralo v nemotenem okolju. Prav tako je bil sistem testiran na modelu vozila in ne v realnem vozilu. Sistem bi v samem programskem sklopu deloval enako, vendar pa bi bilo potrebno v takem primeru sinhronizirati motorno vozilo za vodenje brez voznika. Za hitrejše ter enostavnejše krmiljenje bi lahko uporabili sodobna električna vozila. Zaznavanje okolice, prometa, parkirnih prostorov pa bi lažje izvedli s tridimenzionalnimi senzorji, kot so npr. kinect, ki je zelo priljubljen pri igralnih konzolah ter razne 3-D kamere. Z izvedbo teh globinskih senzorjev bi lahko realizirali veliko več kot samo parkiranje. Tako bi lahko s prilagojenim programskim sistemom ter večjo procesorsko močjo krmilili vozilo brez voznika, ki bi lahko samo vozilo ali pa parkiralo.

Sistem, predstavljen v diplomskem delu, ni dosegel vseh želenih ciljev. Pojavi se problem pri detekciji začetka in konca označenih razpoložljivih parkirnih mest pri bočnem parkiranju. Sistem ne prepozna, ali je za vozilom, ki je parkiran v zadnjem označenem parkirnem prostoru, še kakšno prosto parkirno mesto ali je parkiranje že prepovedano oz. ni več označenih parkirnih mest. Prav tako ob detekciji prvega parkirnega mesta, ki je začetek označenih parkirnih mest, sistem ne prepozna, ali je pred njim parkirno mesto prazno ali je parkiranje že prepovedano. Izpopolnjenega parkiranja brez drugih senzorjev ni mogoče doseči. Rešitev za ta problem bi bila uporaba kamere, ki bi zaznavala teren ter ostale predmete. Prav tako bi kamera morala prepoznavati cestno prometne znake ter označbe.

6 LITERATURA

- [1] Šolsko bočno parkiranje, http://www.instruktor-voznje.com.hr/bocno_parkiranje/, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [2] Mikrokontroler, http://www.cs.binghamton.edu/~reckert/480/424LECT1_f03.html, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [3] Razvojna plošča MIŠKO iz laboratorija za fotovoltaike in optoelektroniko, Univerza v Ljubljani Fakulteta za elektrotehniko, dostopnost preverjena 18.8.2014, <http://paris.fe.uni-lj.si/izobrazevanje/1-stopnja-vs/osnove-mikroprocesorske-elektronike-ome/>.
- [4] Podatkovni list Atmega324A, <http://www.atmel.com/Images/doc8272.pdf>, dostopnost preverjena 22.11.2013.
- [5] Pulzno širinska modulacija, http://www.reefangel.com/Product_PWMvsAnalog.aspx, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [6] Ultrazvok, <http://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [7] Measuring Distance with Sound Waves, dostopnost preverjena 18.8.2014, http://www.teachengineering.org/view_activity.php?url=collection/nyu_/activities/nyu_soundwaves/nyu_soundwaves_activity1.xml.
- [8] Hitrost valovanja, http://sl.wikipedia.org/wiki/Hitrost_zvoka, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [9] Slavko Amon: Elektronske komponente in senzorji, poglavje 6: Piezoelektrični Elementi <http://lms.fe.uni-lj.si/amon/literatura/EK/EK6-PiezoelektricniElementi.pdf>, dostopnost preverjena 18.8.2014.

-
- [10] Piezoelektrični pojav, dostopnost preverjena 18.8.2014,
<http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2004/phillips/PZ/pz-effect.html>.
- [11] Ultrazvočni senzor HC-SR04, http://propellerpowered.com/shop/?page_id=1789,
dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [12] Podatkovni list HC-SR04, dostopnost preverjena 18.8.2014,
https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit.
- [13] Ultrazvočni senzor HC-SR04, dostopnost preverjena 18.8.2014,
<http://www.ezdenki.com/ultrasonic.php>.
- [14] Vezava ultrazvočnega senzorja HC-SR04, dostopnost preverjena 18.8.2014,
<http://www.communica.co.za/Content/Catalog/Images/I0104742920.jpg>.
- [15] Darlington tranzistor, dostopnost preverjena 18.8.2014,
http://en.wikipedia.org/wiki/Darlington_transistor.
- [16] Simbol Darlington tranzistorja, dostopnost preverjena 18.8.2014.
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/34/Darlington.svg/270px-Darlington.svg.png>.
- [17] Darlington vezava tranzistorjev, dostopnost preverjena 18.8.2014,
<http://www.electronics-tutorials.ws/blog/darlington-transistor.html>.
- [18] Podatkovni list ULN2003A, dostopnost preverjena 18.8.2014,
<http://www.doyoung.net/video/DATASHEET/PDF/ULN2003.pdf>.
- [19] Podatkovni list ULN2003A proizvajalca Texas instrument, dostopnost preverjena 18.8.2014, <http://www.ti.com/lit/ds/symmlink/uln2003a.pdf>.

-
- [20] Sekvenca delovanja koračnih motorjev, dostopnost preverjena 18.8.2014., <http://robot.avayanex.com/wp-content/uploads/2010/09/BipolarPhases.jpg>.
- [21] Koračni motorji, http://www2.arnes.si/~sspslavr/k_motor/k_motor.html, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [22] Predstavitev koračnih motorjev, dostopnost preverjena 18.8.2014, http://www.allaboutcircuits.com/vol_2/chpt_13/5.html.
- [23] Koračni motor s spremenljivo reluktanco, <http://www.ni.com/white-paper/14892/en/>, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [24] Napajanje in krmiljenje koračnih motorjev, VSŠ Velenje – Elektromehanski elementi in sistemi Franc Štravs, ftp://ftp.scv.si/vss/franc_stravs/EES/EES_pdf/EES6%20_98-105_%20%20kor.%20mot.pdf, dostopnost preverjena 18.8.2014.
- [25] H-most, dostopnost preverjena 18.8.2014, http://en.wikipedia.org/wiki/H_bridge.
- [26] Vezava H-mosta, dostopnost preverjena 18.8.2014, http://free-zg.htnet.hr/Borko_Boranic/Roboti/Izlazno_sucelje/Slika_52.JPG.
- [27] Podatkovni list integriranega vezja L293D, dostopnost preverjena 18.8.2014, <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/stmicroelectronics/1330.pdf>.
- [28] Manevrska pot vozila, dostopnost preverjena 18.8.2014, <http://www.vwmagazine.be/wp-content/uploads/2012/11/automagie-KVH.jpg>.
- [29] Koračni motor M35SP-8, dostopnost preverjena 18.8.2014, http://www.mitsumi.co.jp/latest/Catalog/pdf/motor_m35sp_8_e.pdf.

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Matic Štros izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom
»POENOSTAVLJEN SISTEM ZA SAMODEJNO BOČNO PARKIRANJE«.

Izjavljam, da je elektronska različica povsem enaka kot tiskana.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGE.

Ljubljana, _____ 2014

(Podpis)