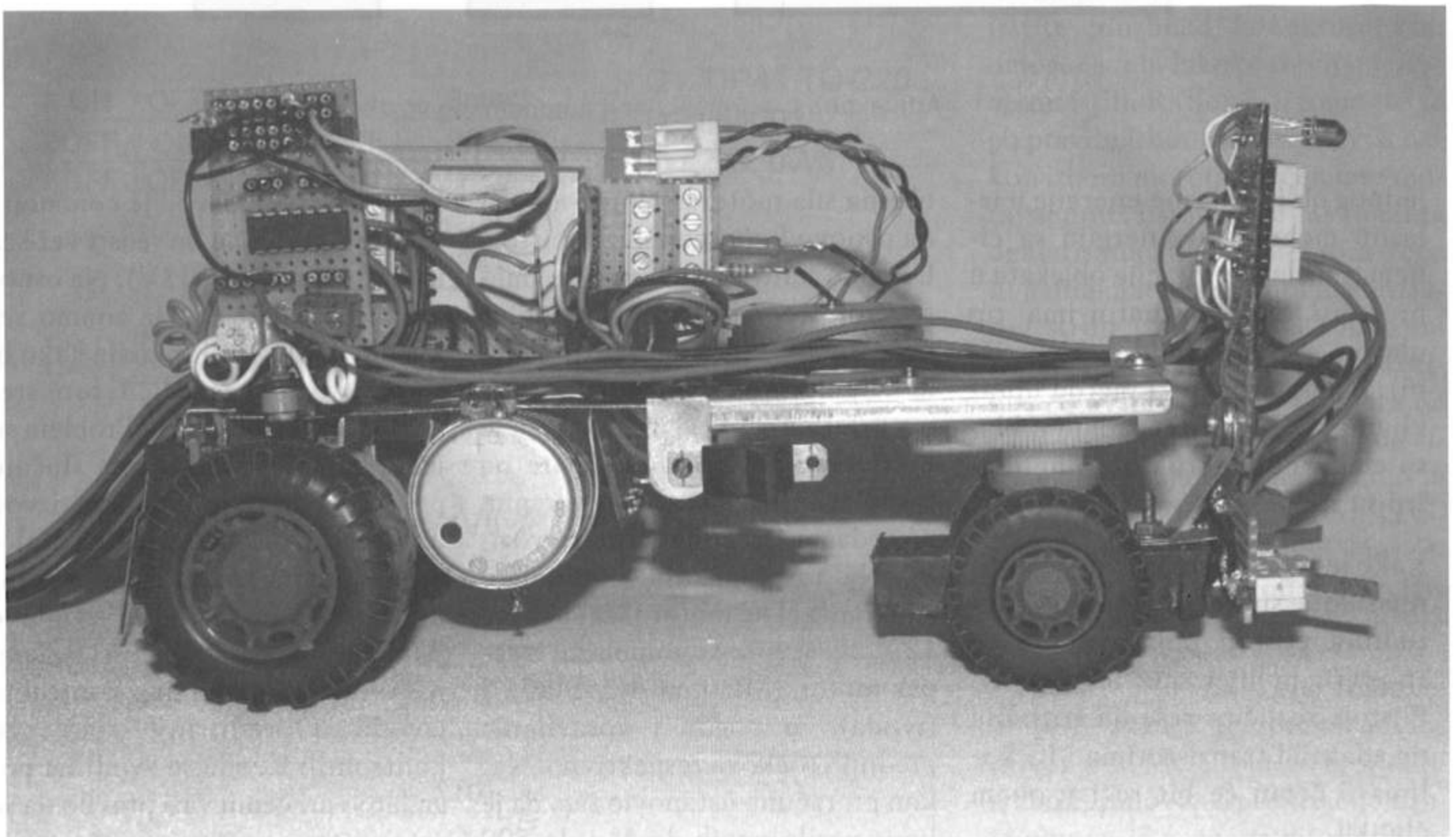
Programabilna autonomna vozila – I deo

SVI MI SMO MANJE ILI VIŠE UPOZNATI SA TERMINOM I UPOTREBNOM VREDNOŠĆU PROGRAMABILNIH AUTONOMNIH VOZILA. SUŠTINSKI, TO SU VOZILA KOJA SE BEZ LJUDSKE INTERVENCIJE SAMOSTALNO KREĆU/SNALAZE U PROSTORU. PRAKTIČNA REALIZACIJA ISTIH NOSI SA SOBOM NIZ PITANJA. KOJE KOMPONENTE IH ČINE PROGRAMABILNIM I AUTONOMNIM? KOJE KORAKE JE POTREBNO IZVRŠITI I U KOM REDOSLEDU KAKO BI SE ISTI PRAKTIČNO REALIZOVALI?

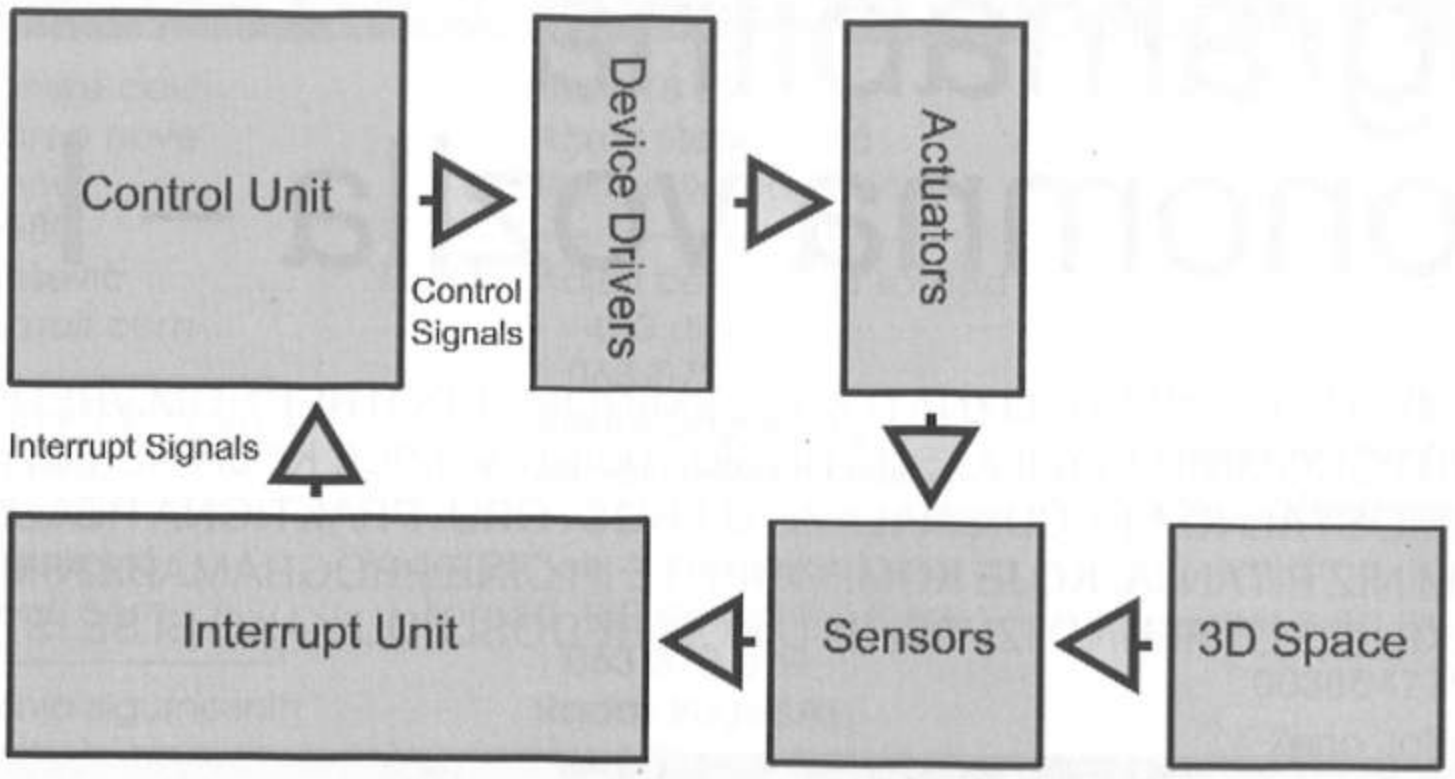


Infrastruktura programabilnih autonomnih vozila

Na slici 1. prikazan je blok dijagram arhitekture programabilnih autonomnih vozila (u nastavku teksta PAV). Glavnu komponentu čini upravljačka jedinica (Control Unit) koja predstavlja "inteligenciju" PAV. Za potrebe upravljanja potrebne su još dve dodatne komponente: senzori i jedinica prekida (Interrupt Unit). Senzori prikupljaju informacije iz prostora u kojem se PAV trenutno nalazi. Prikupljeni signali se prosleđuju interrupt jedinici koja po određenom algoritmu (prioritetima) navodi upravljačku jedinicu u donošenju odluke. Odluka zavisi od trenutnog stanja u kojem se PAV nalazi i od tipa senzorskog signala. Primer: PAV se nalazi u stanju kretanja, senzor instaliran sa prednje strane vozila detektuje objekat pri čemu se signal šalje interrupt jedinici koja navodi upravljačku jedinicu na donošenje odluke (software-om). Recimo: zaustavi vozilo.

Gore navedene komponente sistema čine vozilo programabilnim i autonomnim. U praktičnoj realizaciji, za upravljačku jedinicu je uobičajeno koristiti mikrokontroler (u nastavku teksta MCU). Pored CPU-a i memorije, isti poseduju i integrisani interrupt kontroler što ih čini dodatno podobnim izborom. Za ovaj projekat koristio sam Easy 8051 v6 System Development Board sa Atmel-ovim AT89S8253 MCU-om.

Aktuatori su objekti nad kojima se vrši upravljanje. To su pretvarači



Slika 1 – Arhitektura programabilnog autonomnog vozila

jednog oblika ulazne energije u izlaznu mehaničku energiju sa ciljem translacije/rotacije objekata u prostoru. Svaki aktuator ima: tip ulazne energije (fluidni, električni), oblast primene i metod upravljanja. DC motori spadaju u klasu električnih aktuatora i neizbežni su za PAV.

Kako je MCU restriktivan po pitanju izlazne snage, između istih i aktuatora postoji pojačavač snage (power amplifier - device driver). Postoje različita rešenja bazirana na snažnim tranzistorima i IC kolima o čemu će bit reči u ovom članku.

Izbor motora

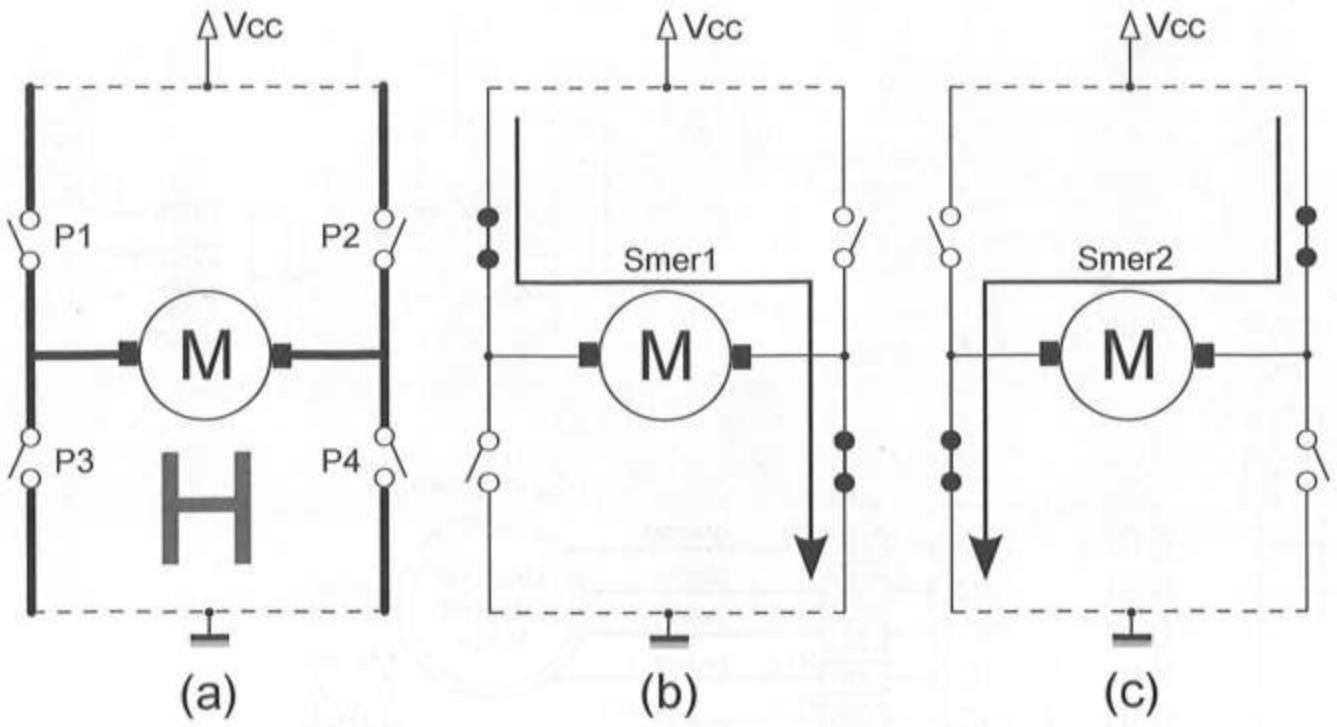
Pre projektovanja hardware-a potrebno je definisati set zadataka koje će PAV izvršavati. Po pravilu, ovo je prvi korak pre izbora motora. Izbor motora i prenosnika (kaiševi, zupčanici) nije jednostavan zadatak i uključuje niz proračuna u zavisnosti od više promenljivih: broj točkova (uključujući dijametar), brzine, ubrzanja, nagiba koje vozilo treba da savlada, konfiguracije terena, raspored sila trenja, težinu koju vozilo mora da ponese itd. Rezultat je potrebna obrtna sila motora (Njutn-metar) na osnovu koje se vrši izbor istog. Ukoliko želite da investirate, imate širok izbor on-line prodavnica koje nude i besplatne tutorijale/kalkulatore o svim pojedinostima pri izboru {1}. Druga opcija je korišćenje motora koje imate na raspolaganju a da zatim reverznim metodama izračunate limite vozila. Na raspolaganju sam imao: standardni DC motor (Mabuchi za 12V, dva izvoda) i unipolarni stepper motor (Mitsumi M35SP-7, 5 izvoda), za pogon i upravljanje prednjih točkova respektivno. Nakon proračuna ustanovio sam da je limit vozila nagib do 5° i do 500 grama tereta.

Unipolarni stepper motor

Stepper motori omogućavaju kontrolisano rotiranje/pozicioniranje osovine motora za željeni broj stepeni u nekom od dva moguća smera. Stepen rotacije zavisi od konstrukcije/broja polova i obavezno se navodi u specifikaciji (Mitsumi M35SP-7, step ugao je 7.5°). M35SP-7 ima 5 izvoda od čega je jedan common. Ostali izvodi služe za kontrolisano rotiranje. Neki proizvođači izvode kodiraju bojom što pojednostavljuje rad sa istim. Recimo: crveni izvod je common i samim tim znamo da se isti veže za izvor napajanja (+12V). Na osnovu boja drugih izvoda znamo sekvencu kontrolnih signala kako bi rotor zarotirali za željeni broj stepeni u željenom smeru. Problem su jednobojni izvodi. U tom slučaju prvo se određuje common izvod upotrebom om-metra (slika 3.a) – otpornost namotaja između common izvoda i kontrolnih izvoda je duplo manja od otpornosti između namotaja bilo koja dva kontrolna izvoda. Određivanje sekvence kontrolnih izvoda se svodi na pogađanje pri čemu važi pravilo da se rotor mora zarotirati u istom smeru (o smeru odlučujete sami). Pri tome je common izvod vezan za pozitivan pol baterije dok se kontrolni izvodi naizmenično vežu za negativan pol iste. Postupak se ponavlja sve dok se sekvenca rotacije ne pogodi. U ogledu moraju učestvovati svi kontrolni izvodi. Kako su svi jednobojni, iste kodirajte na bilo koji način. Sekvencu zabeležite na papir jer se ista koristi za realizaciju upravljačkog software-a.

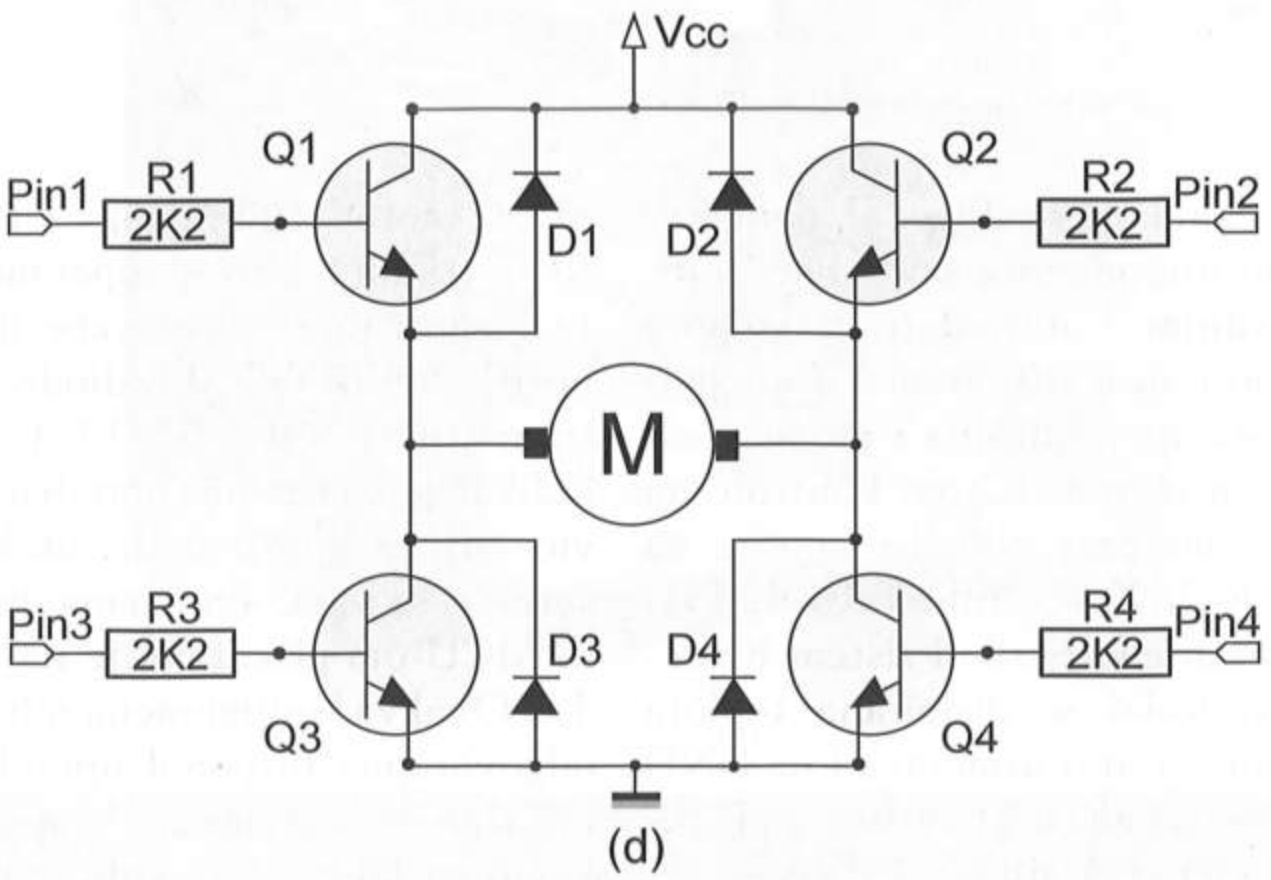
H-Bridge

H-Bridge je kolo za pojačanje snage - device driver. Namenjeno je



P1	P2	P3	P4	
ON	OFF	OFF	ON	Smer1
OFF	ON	ON	OFF	Smer2
OFF	OFF	ON	ON	Mirovanje

Q - TIP41 TO-220
D - IN4002
R - 2K2 0W5

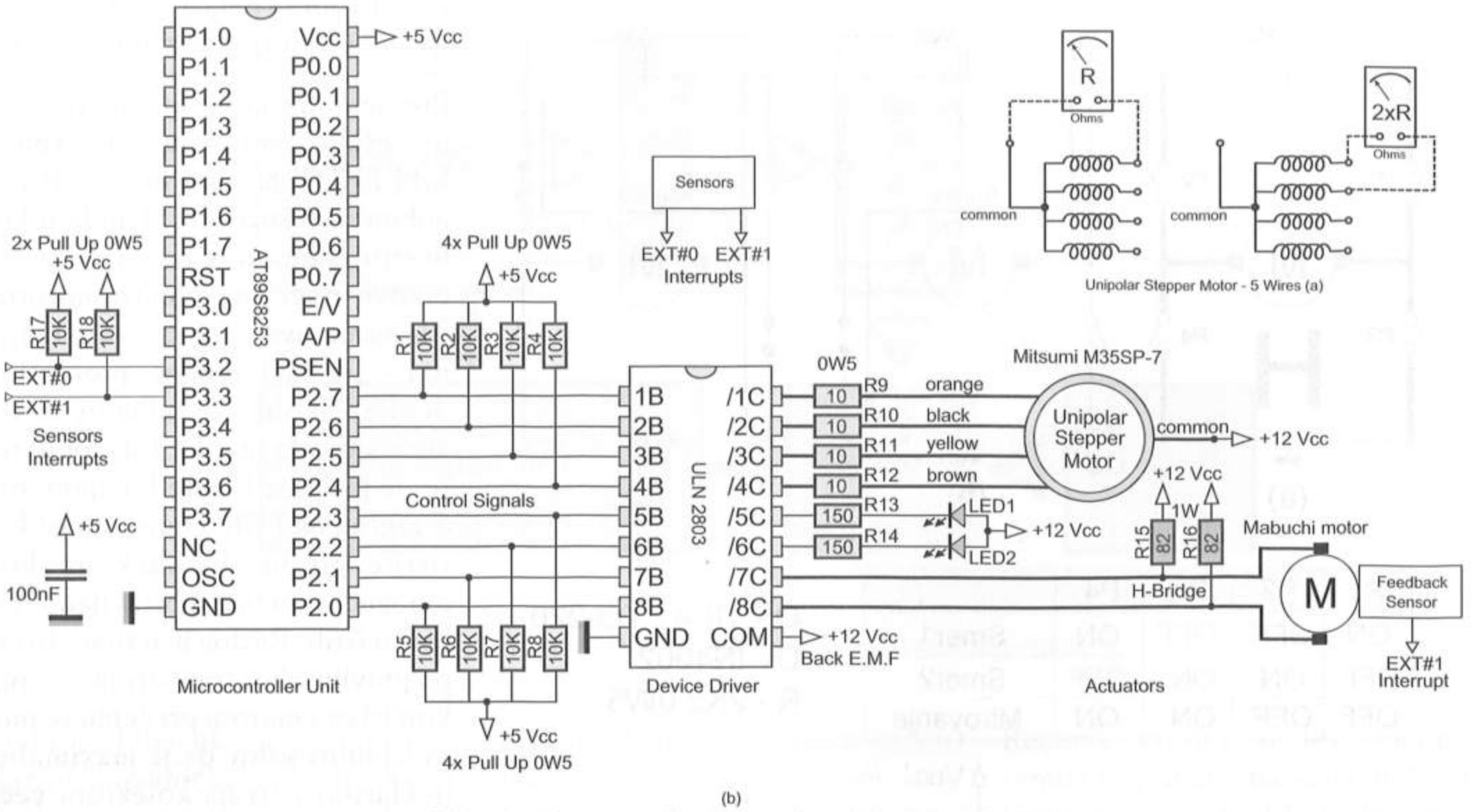


Slika 2 – H-Bridge

kontrolisanju smera rotacije standardnog DC motora a samim tim i dvosmernom kretanju (unapred/unazad) PAV uz mogućnost kočenja. Slovo H u nazivu potiče iz idejne konfiguracije kola koju čine četiri prekidača i motor (slika 2.a). Ukoliko su prekidači P1 i P4 aktivni motor se rotira u smeru 1 (slika 2.b). Ukoliko su prekidači P2 i P3 aktivni motor se rotira u smeru 2 (slika 2.c). Kako su prekidači P3 i P4 vezani za masu, motor koči kada su isti aktivni. Na slici 2.d. prikazana je implementacija sa snažnim tranzistorima. Kolo je kompatibilno sa TTL naponskim standardom što ga čini jednostavnim za spregu sa MCU-om. Otpornosti pored strujnog ograničenja, obezbeđuju razliku potencijala između baze i emitera kako bi se radna tačka postavila u jednu od dve oblasti: saturation ili cut-off. Ako se na pinu MCU-a setuje logička jedinica (~+5V), radna tačka tranzistora se nalazi u oblasti saturacije, obrnuto u cut-off oblasti.

Promenom smera rotacije povratna elektromotorna sila (back E.M.F) DC motora može biti pogubna za tranzisotre. Diode u kolu štite tranzistore na taj način što pikove povratne elektromotorne sile usmeravaju ka izvoru napajanja – fly back diodes, protection diodes. Ukoliko se odlučite za realizaciju kola sa slike 2.d, dobro rešenje je da ne lemite komponente direktno na PCB. Umesto toga koristite pin-head konektore koji omogućavaju lako postavljanje/zamenu istih. Razlog je u tome što se po pravilu izbor tranzistora vrši nakon izbora motora pri čemu se mora ispuniti uslov da je maximalna deklarisana struja kolektora veća ili jednaka maksimalnoj deklarisanoj struji izabranog DC motora. Kako je reč o snažnim tranzistorima, ostavite dovoljno prostora na PCB-u za instaliranje pasivnog sistema hlađenja. Bilo kako, kolo sa slike 2.d. uz TIP41 tranzistor (TO-220, Icmax = 6A) je podobno rešenje za većinu standardnih DC motora.

Sledeća stvar na koju trebamo obratiti pažnju je sprega device driver-a sa MCU-om po broju potrebnih pinova. Optimizacija broja pinova je važna iz više razloga: sprega MCU-a i device driver-a je jednostavnija a samim tim i upravljački software, izbor MCU-a po broju portova postaje širi. Primera radi, ukoliko kompletno rešenje zahteva jedan port, MCU AT89S8253 možete zameniti manjim AT89LP213/214 (zahteva manju površinu na PCB-u). Grupisanje pinova kola sa slike 2.d. po pravilu: 2 i 3 su kratko spojeni, 1 i 4 su kratko spojeni, redukuje za duplo manje broj potrebnih pinova. Zaustavljanje motora se vrši kada su na oba pina setovani isti logički nivoi. Upotrebom device



(b)

Slika 3 – Sprega mikrokontrolera i device driver-a

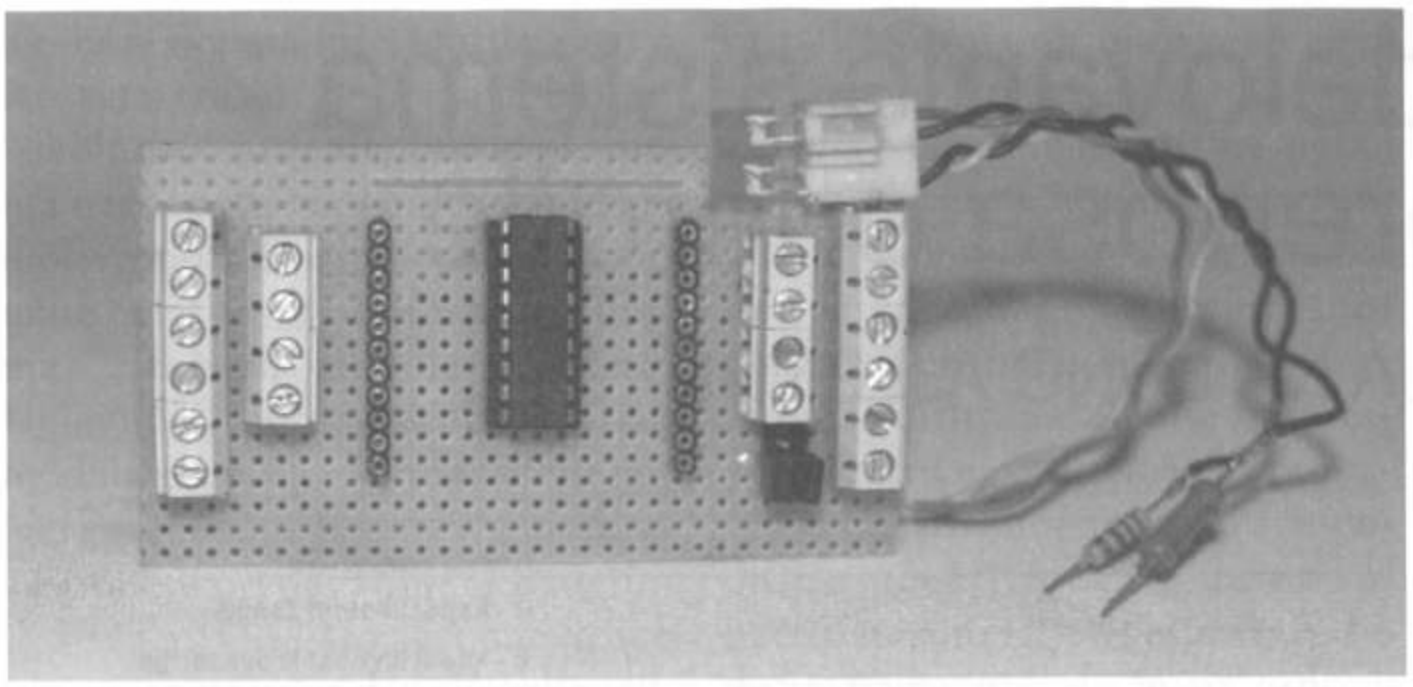
driver-a kao što je ULN 2803, H-Bridge se dodatno optimizuje i po broju korišćenih tranzistora. Kolom sa slike 2.d. moguće je upravljati jednim standardnim DC motorom, što povlači da je za stepper motor potreban dodatni device driver.

L293D IC

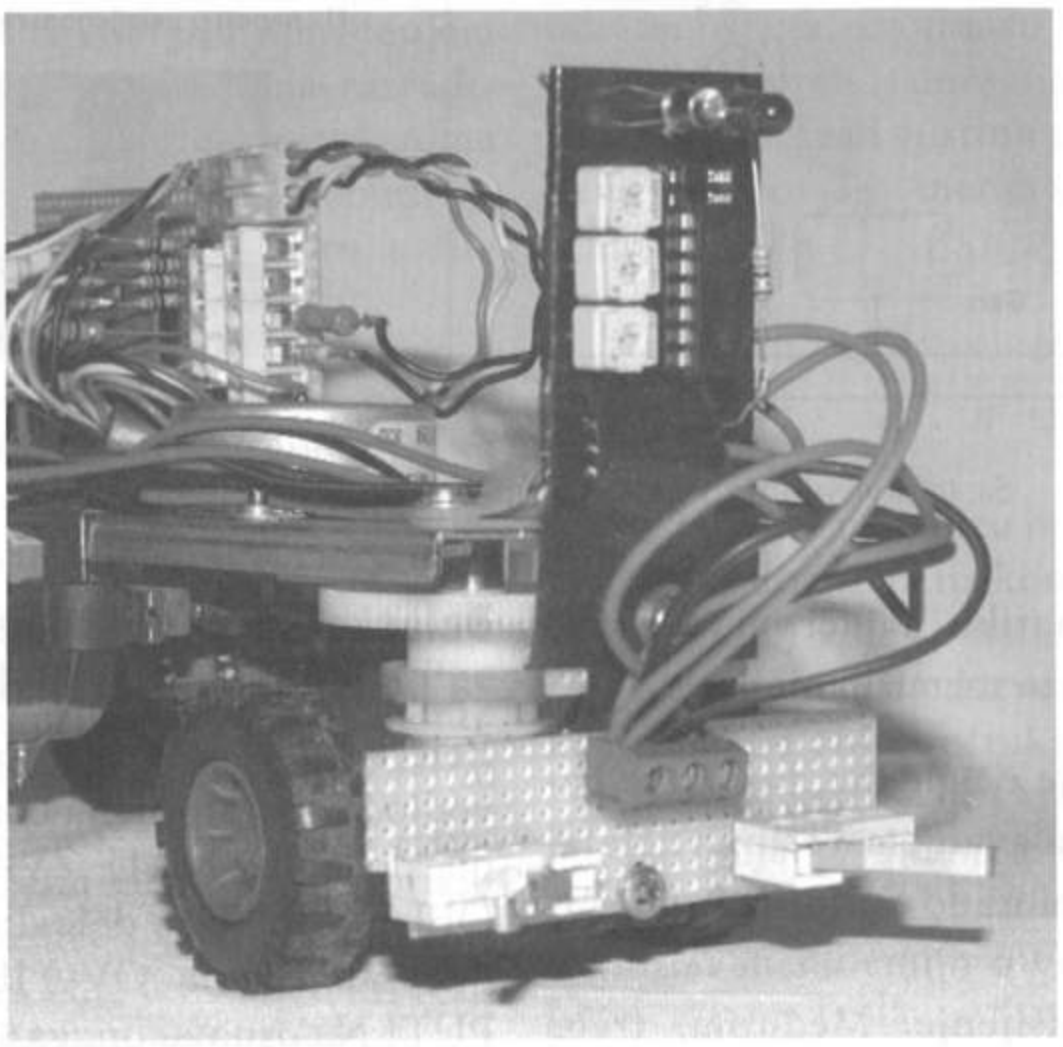
L293D je kolo koje spada u kategoriju device driver-a. Namenjeno je za induktivne potrošače do 600mA u rasponu od 4.5 do 36V. Ulazi L293D su kompatibilni sa TTL naponskim standardom. Poseduje zaštitne diode od povratne elektromotorne sile. Izlazi su totem-pol kolo sa Darlingtonovim Sink&Source tranzistorima. Ukoliko se odlučite za L293D kolo vodite računa o dve stvari: broju pinova za spregu sa MCU-om i brojem potrebnih motora. Pored kontrolnih signala za motore, kolo ima i enable device driver signale (EN). Ukoliko se EN signali povežu na +Vcc (svi driveri su aktivni), maksimalan broj pinova za spregu sa MCU-om je 4. Kao i u slučaju kola sa slike 2.d. ovim kolom nije moguće upravljati standardnim i unipolarnim stepper motorom u isto vreme. Zbog jednostavnijeg dizajna i mogućnosti da sa jednim IC-om kontrolišem oba motora, odlučio sam se za ULN 2803 IC. Bilo kako, L293D IC zahteva pasivni sistem hlađenja. Kako se disipirana toplota kontrolisano usmerava i na GND pinove, bakarne površine na PCB-u za iste moraju biti što veće.

ULN 2803 IC

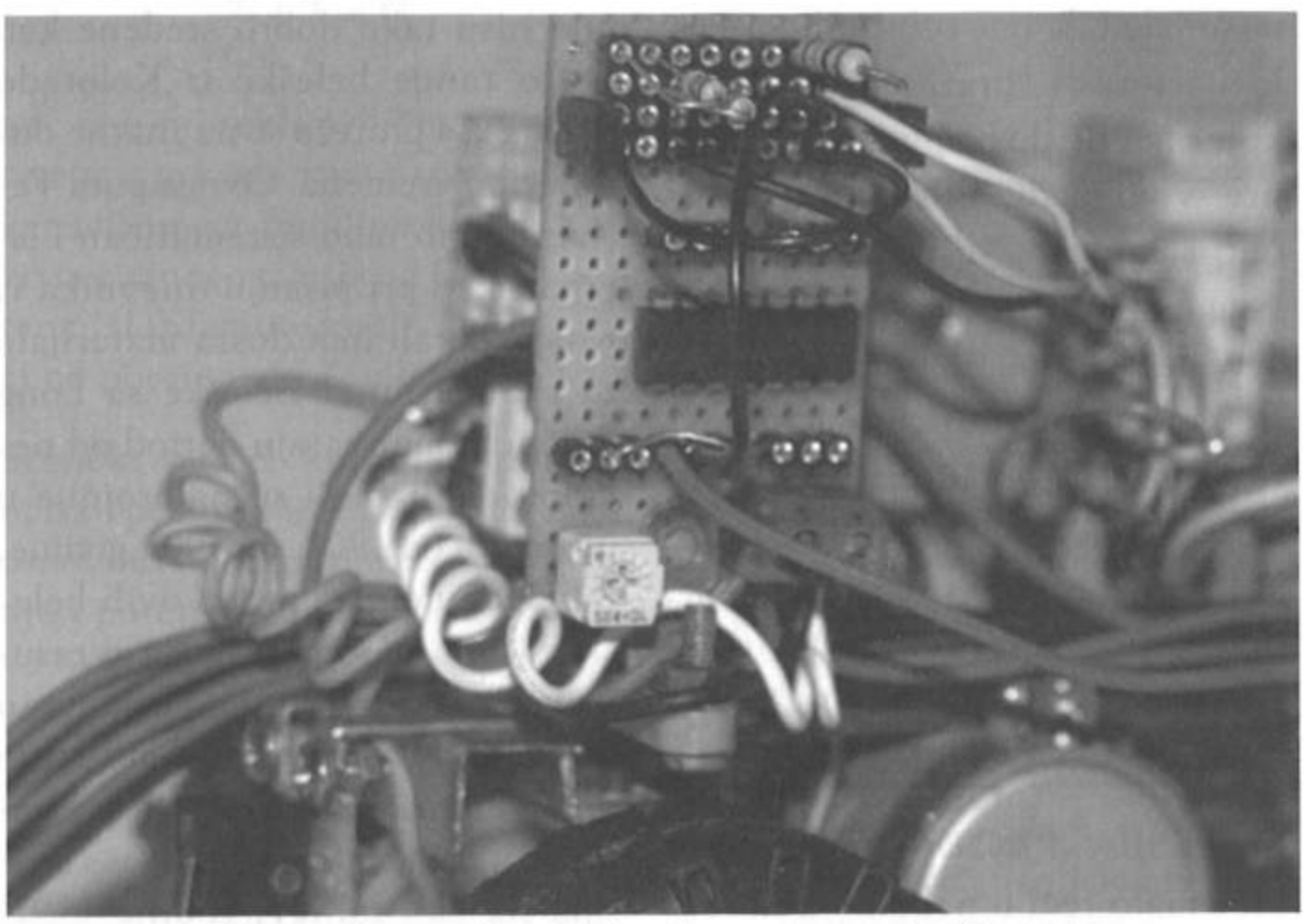
ULN 2803 je kolo koje čini 8-kanalni niz Darlingtonovih tranzistora sa otvorenim kolektorom (Ic-max = 500mA), zbog čega se svrstava u katergoriju device drivera. Ulazi su mu kompatiblni sa TTL naponskim standardom. Poseduje zaštitne diode od povratne elektromotorne sile (COM pin). Kolom možemo kontrolisati: 4 x H-Bridge-a ili 2 x unipolarna stepper motora ili sedmosegmentni displej sa decimalnom tačkom ili kombinovati iste. Za potrebe projekta isti sam koristio za: standardni DC motor (H-Bridge, 2 x tranzistora), unipolarni stepper motor (4 x tranzistora) i za potrebe dijagnostike/indikacije (LE diode, 2 x tranzistora). Što se tiče LE dioda i indikacije, za iste nije potreban device driver, možete ih direktno sprezati sa MCU-om. Šema sprege sa MCU-om prikazana je na slici 3.b. Ovakva konfiguracija zahteva odgovarajući raspored upravljačkih signala u vremenu. U specifikaciji za ULN 2803 kolo možete pronaći dijagrame dozvoljene kolektorske struje u zavisnosti od broja aktivnih tranzistora u jedinici vremena. Ukoliko su svih 8 kanala aktivni, kolektorske struje moraju biti ograničene prema deklarisanim vrednostima sa dijagrama (~180mA). U suprotnom, visoka disipacija toplotne energije može trajno uništi integrisano kolo. Redukovanjem broja aktivnih tranzistora u jedinici vremena povećava se dozvoljen intezitet kolektorske struje (4x~300mA, 1x aktivni tranzistor 500mA). Zbog toga se upravljački signali raspoređuju (software-om) u vremenu pri



Slika 4 - Device driver



Slika 5 - Set senzora sa prednje strane vozila



Slika 6 - Senzorska elektronika za pogonski DC motor

čemu jedan tranzistor može biti aktivan 1/8 (duty cycle) jedinice vremena dok u preostalih 7/8 (vreme hlađenja) čeka novi signal.

Device driver je realizovan na zasebnom PCB-u kako bi isti koristio za potrebe na drugim projektima (slika 4). Recimo, ukoliko se odlučite za realizaciju drugih tipova robota {2}, device driver će svakako biti potreban. Korišćen je PCB sa gotovim trakastim bakarnim vodovima i izbušenim rupicama. ULN 2803 nije direktno lemljen na pločicu. Korišćeno je podnožje DIP-18 radi lakše zamene. Na ovaj način možete koristiti druga ULN 28xx IC kola koja su kompatibilna po rasporedu pinova sa ULN 2803 kolom. Sa obe strane podnožja za svaki kanal su postavljeni pin-head konektori/kleme, čime se dobija univerzalno rešenje za postavljanje elektronskih komponenata i spregu sa drugim uređajima. Sa gornje strane podnožja napravljen je rez za instalaciju pasivnog hladnjaka. PCB je opremljen sa 2xLE diodama za dijagnostiku kanala. Device driver je vertikalno instaliran na vozilu i spregnut sa MCU-om (razvojnom pločom) provodnicima dužine do 1 metra, što daje dovoljno prostora za testiranje. Što se tiče konstrukcije vozila koristite lakše materijale vodeći računa da ukupna težina vozila bude u granicama dozvoljenog. U protivnom vaše vozilo će stajati u mestu!

Internet linkovi

1. www.robotshop.com/drive-motor-tutorial.html
2. www.cornerstonerobotics.org/_images/insectronics.jpg

Autor: Vladimir Savić
e-mail: vladimirsvc@yahoo.com