

POHRANA I RAZMJENA PODATAKA U SUSTAVU POKRETNE PLATFORME UPRAVLJANE MIKROKONTROLEROM

SAVING AND EXCHANGING DATA IN THE SYSTEM OF MOBILE PLATFORM MANAGED BY A MICROCONTROLLER

Ivan Šumiga., Zoran Vrhovski, Tomislav Šalamunec

Stručni članak

Sažetak: U radu je predstavljen projekt mobilne platforme s radnim mehanizmom kose. Opisana je osnovna ideja za izradu mobilne platforme. Definirane su funkcije svih elektroničkih modula na mobilnoj platformi. Brojni moduli povezani na jednu sabirnicu, postavili su zahtjev za visokom organizacijom komunikacijskog protokola koji je posebno osmišljen za zadovoljavanje potreba povezivanja svih modula u jednu funkcionalnu cjelinu. Osmišljeni komunikacijski paket daje mogućnost daljnjeg razvoja funkcija mobilne platforme. Ostvarena je mogućnost spremanja podataka na SD karticu tijekom rada platforme, s podacima organiziranim na taj način da omogućavaju ponavljanje rada mobilne platforme po snimljenom zapisu, ali i analizu snimljenih podataka na računalo.

Cljučne riječi: mobilna platforma, kosilica, komunikacija, spremanje podataka

Professional paper

Abstract: This paper introduces the mobile platform project with the working mechanism of lawn mower. The paper describes the basic idea for making the mobile platform. Functions of all modules on the mobile platform are defined. Numerous modules connected to one bus, put the request for high organization of communication protocols that are specifically designed to meet the needs of connectivity of all modules into one functional unit. The transfer of all relevant data from one module to another is enabled. Designed communications package provides the opportunity for further development of mobile platform functions. Possibility of saving data on the SD card during the work of platform, with data organized in a way that allows the repetition of work of the mobile platform by a recorded track and analyze of stored data on computer.

Key words: mobile platform, lawnmowers, communications, data storage

1. UVOD

Čitav sustav pokretne platforme je realiziran kroz više zasebnih elektroničkih modula pomoću kojih se ostvaruju unaprijed zadani ciljevi: funkcionalno povezivanje svih modula, upravljanje mobilnom platformom na više različitih načina (daljinski upravljač, mobilni telefon i računalo), spremanje podataka tijekom rada mobilne platforme u svrhu analize podataka, ali i ostvarivanja konačnog cilja, autonomnog rada mobilne platforme. Jedan od predviđenih modula platforme je i SD modul, koji ima za zadaću prikupljati, obraditi i pohraniti podatke vezane za upravljanje i rad radnog mehanizma (kosilice) na SD karticu (eng. Secure Digital).

2. SUSTAV MOBILNE PLATFORME

Nakon analize sličnih sustava mobilnih platformi različitih namjena, npr. autonomnih usisavača, robota i kosilica, uvida u tehnologije koje su na njima

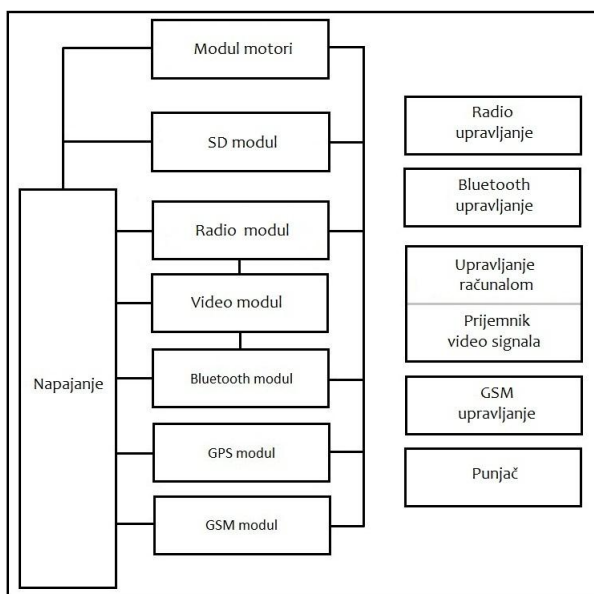
primijenjene i tehničkih rješenja koje koriste, definirani su elemente ovog sustava.

U svrhu realizacije zadanih ciljeva predviđeni su slijedeći sklopovski moduli: za napajanje energijom, punjenje platforme električnom energijom, upravljanje platformom, kontrolu izvršnih članova platforme, komunikaciju unutar modula platforme, komunikaciju prema korisniku i uređaj za spremanje podataka tijekom rada mobilne platforme.

Napajanje na samoj mobilnoj platformi, je izvedeno 12 V-nom baterijom koja ima dovoljan kapacitet za rad kosilice od nekoliko sati. Modul motori upravlja i prati rad pogonskih i radnog motora. SD modul je arbitar upravljanja platformom, prikuplja, prenosi i sprema podatke tijekom rada platforme. Radio modul je primopredajnik koji omogućuje upravljanje platformom pomoću računala ili daljinskim upravljačem. Video modul je predajnik video signala s platforme, koji se prenosi na računalo. Bluetooth modul je primopredajnik koji omogućuje upravljanje platformom pomoću računala ili mobilnim telefonom. GPS modul daje podatke o lokaciji platforme koristeći GPS (eng. Global Positioning System). GSM modul omogućuje upravljanje

platformom GSM uređajem (eng. Global System for Mobile Communications) koristeći SMS (eng. Short Message Service) kao naredbe. Vanjski elementi sustava su daljinski upravljač koji koristi radio vezu, računalo kojim se platformom može upravljati radio ili bluetooth vezom i koje može primiti video signal s platforme, te mobilni telefon kojim se platformom može upravljati GSM-om ili bluetooth vezom. Blok shema sustava prikazana je na slici 1.

Komunikacija na platformi između modula je ostvarena serijskom RS-232 (eng. Recommended Standard 232) vezom koja je prilagođena potrebama platforme. Koristi se jedna sabirnica za prijenos podataka na koju su spojeni svi moduli.

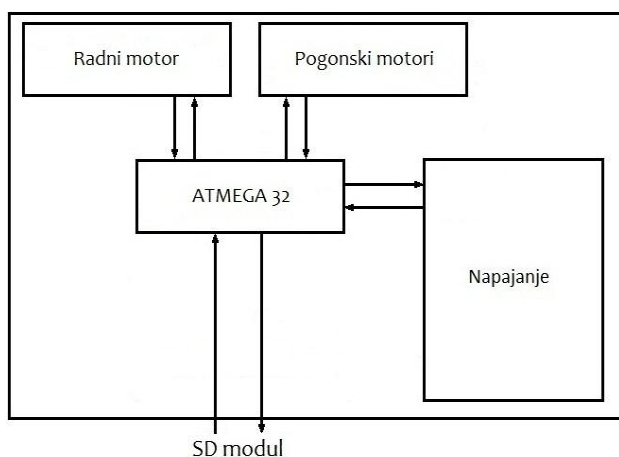


Slika 1. Blok shema sustava mobilne platforme

3. MODULI I NJIHOVE FUNKCIJE

Module sustava mobilne platforme i njihove funkcije sada će se detaljnije opisati.

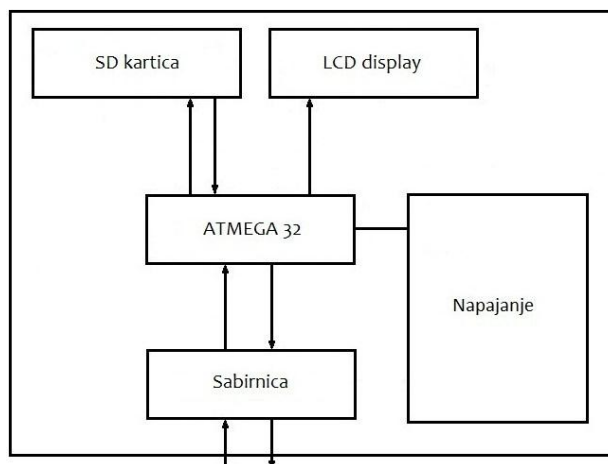
3.1. Modul motori



Slika 2. Blok shema modula motori

Modul motori regulira rad pogonskih motora. Modul prima podatke samo s SD modula. Primljene podatke za rad pogonskih motora pretvara u PWM (eng. Pulse Width Modulation) signal kojim upravlja brzinom okretanja motora. Modul koristi povratnu vezu ostvarenu optičkim enkoderima na kotačima, koji vraćaju podatke o stvarnoj brzini okretanja kotača. Regulacija kretanja se vrši na pogonskim kotačima zadnje osovine platforme. Podaci o brzini se koriste za aktiviranje alarma koji dojavljuje grešku u radu platforme. Ovdje je riječ o alarmu nazvanom zaglavljenje, kod kojega se detektira disproporcionalan broj stvarnih okretaja kotača prema vrijednosti upravljačkog signala. Ovaj modul upravlja i radom radnog motora koji služi za pokretanje radnog mehanizma, odnosno kose. Za ovaj motor se koriste dva stanja: uključen i isključen. Vezano za rad motora je i mjerenje struje motora. Mjerenje struje primijenjeno je zbog zaštite elektroničkih sklopova, akumulatora, ali i cijele platforme. Izmjerena struja se uspoređuje s dozvoljenom minimalnom i maksimalnom vrijednošću. Mjerenje se vrši za svaki motor zasebno. Prekoračenje zadanih vrijednosti je izvor alarma koji je nazvan prevelika struja. Uz navedena mjerenja ovaj modul prati i napunjenost baterije mjerenjem napona. U slučaju nedovoljnog izmjerenog stanja akumulatora generira se alarm: baterija prazna; koji rezultira isključenjem platforme.

3.2. SD modul



Slika 3. Blok shema SD modula

Slika 3. prikazuje blok shemu SD modula. Glavni razlog uporabe mikrokontrolera ATMEGA32 je potrebna veća količina SRAM-a (eng. Static Random Access Memory), minimalno 2 kB za rad s FAT sustavom (eng. File Allocation Table) na SD kartici. Najvažniji dio ovog modula je sabirnica, koja povezuje sve module na mobilnoj platformi. Glavni zadatak SD modula je prikupljanje, prijenos i spremanje podataka. Spremanje podatak se obavlja na SD karticu. Prijenos podataka između SD kartice i mikrokontrolera vrši se SPI komunikacijom. Dvosmjerna komunikacija sa SD karticom je omogućila i čitanje spremljenih podataka u svrhu ponavljanja rada platforme odnosno autonomnog načina rada mobilne platforme.

Pripadajući alarmi ovog modula su:

- SD puna - ovaj alarm upozorava da je SD kartica puna i da nije više moguće spremanje podataka tijekom rada mobilne platforme.
- Prekid upravljačke veze - ovaj alarm upozorava da je istekao najduži dozvoljeni period bez upravljačke naredbe za vrijeme rada (kretanja) mobilne platforme; ovo je vrlo važan alarm - kada se on pojavi mobilna platforma će stati i isključiti se.
- Nema traženog zapisa - ovaj alarm javlja grešku kod zahtjeva za izvršavanjem snimljenog zapisa, pojavljuje se ako se ne pronađe traženi zapis na SD kartici.

Ovaj modul još ima i LCD displej (eng. Liquid Crystal Display) kao izlazni član cijelog sustava, za prikaz svih podataka koji su važni tijekom rada mobilne platforme.

3.3. Radio modul

Zamišljen je kao bežični upravljački modul, koji koristi integrirani radio modul. Primopredajnik omogućuje dvosmjernu komunikaciju na radio frekvenciji 433 MHz. Kao upravljački modul može koristiti sve funkcije mobilne platforme. Može:

- uključiti mobilnu platformu,
- upravljati platformom,
- primati sve podatke vezane za stanje mobile platforme,
- isključiti mobilnu platformu,
- pokrenuti kosilicu sa zahtjevom izvršavanja nekog snimljenog zapisa.

Upravljanje radio vezom moguće je dvama uređajima: daljinskim upravljačem i računalom. Oba uređaja mogu iskoristiti sve funkcije mobilne platforme s razlikom što upravljanje računalom još uključuje i video signal s mobilne platforme, kao dio sučelja upravljačkog programa.

3.4. Bluetooth modul

Bluetooth modul, sličan je radio modulu. Ovaj upravljački modul za uspostavu veze koristi bluetooth radio vezu.

Kao upravljački modul može koristiti sve funkcije mobilne platforme. Može:

- uključiti mobilnu platformu,
- upravljati platformom,
- primati sve podatke vezane za stanje mobile platforme,
- isključiti mobilnu platformu,
- pokrenuti kosilicu sa zahtjevom izvršavanja nekog snimljenog zapisa.

Upravljanje ovom vezom moguće je dvama uređajima: računalom i mobilnim telefonom. Upravljanje računalom podrazumijeva upravljački program, koji kao i kod radio modula uključuje video signal s mobilne platforme. Zbog vrlo ograničenog dometa od 30 m bluetooth radio veze, radio modul može preuzeti upravljanje od bluetooth

modula, ali bluetooth ne može preuzeti upravljanje od radio modula.

3.5. GPS modul

Ovaj modul ima zadaću lociranja mobilne platforme koristeći satelite. Daje podatke o geografskoj duljini i širini, te podatke brzine i azimuta kretanja mobilne platforme. Modul se može pokrenuti i isključiti zajedno s cijelim sustavom ili odvojeno. Za ovaj modul nisu bitne nikakve naredbe osim: uključjenja, isključjenja, slanja alarma i slanja podataka lokacije. Ovaj modul pokreće komunikaciju samo kada dojavljuje alarm gubitka pozicije zbog npr. malog broja dostupnih satelita. Budući da su podaci lokacije vrlo dugog formata postupak njihova prijenosa je posebno definiran. Slanje podataka se događa isključivo na zahtjev. U ovoj fazi razvoja predviđeno je da samo SD modul uzima podatke o lokaciji mobilne platforme.

3.6. GSM modul

GSM modul je još jedan jednostavan modul. Ovaj modul uključen je u sustav mobilne platforme ponajprije zbog korištenja SMS-a za upravljanje mobilnom platformom i to u vezi s autonomnim načinom rada. Modul se može pokrenuti i isključiti zajedno s cijelim sustavom ili odvojeno. Na modul se prosljeđuju alarmi kao upozorenje korisniku. Pokretanje sustava s ovog modula je omogućeno u slučaju kada modul dobije naredbu za izvršavanjem rada po određenom zapisu. Modul prosljeđuje zahtjev SD modulu i ukoliko takav zapis postoji on će se i izvršiti. Nakon izvršenja mobilna platforma će se isključiti.

3.7. Video modul

Video modul može biti upravljan od strane radio i bluetooth modula. Aktiviranje video funkcije je moguće kada se mobilna platforma upravlja pomoću računala. Video modul se sastoji od IP kamere (eng. Internet Protocol Camera) koja video signal šalje bežično do prijemnog računala. Slika se zatim ugrađuje u sučelje upravljačkog programa na računalu i objavljuje na internetu.

4. KOMUNIKACIJA

Sustav sadrži više modula koji trebaju razmjenjivati podatke tijekom rada međusobno i prema nadređenom modulu tako da je komunikacija najbitnija za povezivanje svih modula u jednu funkcionalnu cjelinu. Pošto su svi moduli zasnovani na mikrokontrolerima AVR serije (eng. Alf Egil Bogen and Vegard Wollan 's Risc processor), izbor vrste komunikacije se sveo na protokole koje ovi mikrokontroleri imaju sklopovski ugrađene: RS 232, 1-wire, SPI (eng. Serial Peripheral Interface Bus) i I2C (eng. Inter-Integrated Circuit).

4.1. Odabir komunikacije

Zbog sklopovske podrške na mikrokontroleru, zadovoljavajuće brzine prijenosa i prethodnog iskustva odabran je RS-232 protokol. Primijenjena komunikacija nije ona standardna RS-232 komunikacija, ponajprije zbog naponskih nivoa koji se koriste, a to su +5V za logičku '1' i 0V za logičku '0'. Ovi nivoi su korišteni s ciljem što jednostavnijeg i pouzdanijeg ostvarivanje komunikacije. Najjednostavnije rješenje za komunikaciju jest ugrađena sklopovska podrška komunikacije i korištenje pinova mikrokontrolera kao izlaza bez dodatnih vanjskih sklopova. Svi moduli mobilne platforme povezani su na jednu zajedničku sabirnicu.

4.2. Razvoj protokola

Veći paketi podataka slani RS-232 komunikacijom su ispravno bili primljeni samo ako su prije slanja kodirani u heksadekadski kod, a zatim poslani kao znakovna (string) varijabla. String varijabla na prijemnoj strani je imala više byte-ova nego ona na strani pošiljatelja. Dodatni byte-ovi su bili zaostali podaci pokupljeni od strane primatelja, a uzrokovali su neispravnu komunikaciju. Ovaj način slanja podataka u string-ovima je bio korišten u kombinaciji s naredbom print za slanja i naredbom input za primanje podataka. Zbog visoke stope neuspješno prepoznatih podataka na prijemnoj strani testiran je drugi način komunikacije koji je uključivao naredbe 'printbin' za slanje podataka i 'inputbin' za primanje podataka. Uz ove naredbe podaci su prenašani kao numeričke varijable, bez ikakvog kodiranja. Kod testiranja uočene su pravilnosti kod pojavljivanja grešaka. Slanjem podataka u jednom smjeru, s jednog ispitnog modula na drugi podaci su na prijemnoj strani bili ispravno primljeni. Promjenom smjera podataka, slanjem podatka s drugog na prvi ispitni modul podaci nisu bili ispravno primljeni. Resetiranjem obaju ispitnih modula i ponovnim pokušajem slanja podataka, podaci na prijemnoj strani su ispravno primljeni. Testiranjem se došlo do zaključka da greške nastaju u prijemnom registru. Za ispravnu komunikaciju trebalo je riješiti problem neželjenih podataka u prijemnom registru. Budući da je resetiranje prijemnog modula radilo baš to, a resetiranje SD ili bilo kojeg drugog modula tijekom rada mobilne platforme nije bilo prihvatljivo, tražio se drugi način čišćenja prijemnog registra. Analizom načina rad cijelog sklopa RS-232 komunikacije na ATMEGA-32 mikrokontroleru, najprihvatljivija se činila opcija isključivanja prijemnog sklopa. Kao što je navedeno u tehničkim karakteristikama, isključivanjem prijemnog sklopa svi registri se prazne odnosno očiste od nepoželjnih podataka. U programu je to izvedeno tako da se prijemni sklop isključi, odradi se čekanje od 20 ms i zatim se ponovo uključi. Do čekanja od 20 ms došlo se eksperimentalno. Nakon neuspjele komunikacije izvrši se postupak čišćenja prijemnog sklopa i prva sljedeća komunikacija je uspješna. Za izbjegavanje kolizije u komunikaciji uvedena je semafor linija. Modul mobilne platforme koji treba uspostaviti komunikaciju prvo provjerava dali je semafor linija zauzeta (visoko stanje logička '1'), ako je zauzeta nastavlja dalje s izvođenjem

programa ili čeka da se linija oslobodi (nisko stanje ili logička '0'). Kad je linija slobodna modul obavlja hijerarhijsko čekanje. Uloga ovog čekanja je razdvojiti module prema važnosti. Najvažniji modul motori može započeti komunikaciji odmah nakon oslobađanja semafora, dok svi drugi moduli moraju čekati svoj red za komunikaciju. Modul postavlja liniju semafora u visoko stanje i započinje komunikaciju. Semafor je u visokom stanju sve dok se ne završi komunikacija. Linija semafora je na mikrokontroleru postavljena na pin PD.2 koji ima funkciju vanjskog prekida INTO. Svakim novim zauzimanjem linije semafora prijemni moduli u programu odlaze u podprogram za primanje podataka u kojem ostaju sve do završetka komunikacije.

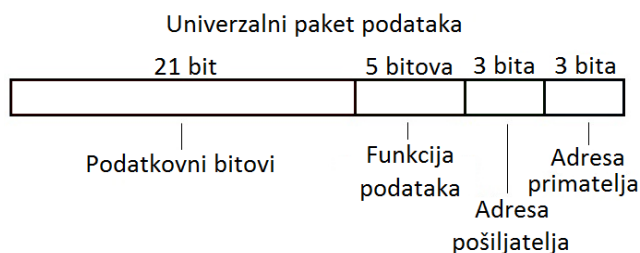
Budući da nam programski definirana komunikacijska sučelja nisu dala pozitivne rezultate u smislu komunikacije, način povezivanja svih modula se promijenio na taj način da su svi moduli povezani na jednu zajedničku sabirnicu. Sabirnica se sastoji od četiri voda: Tx linije, Rx linije, semafora i zajedničke mase. Ovakvim načinom povezivanja svih modula na jednu sabirnicu bilo je neophodno uvesti adresiranje svih modula na sabirnici. Uvođenjem adresiranja dobivamo organizaciju u komunikaciji, na način da svaka poruka sadrži adresu pošiljatelja i primatelja. Zauzimanjem semafora svi moduli primaju poruku pošiljatelja, ali odgovor daje samo onaj modul čija adresa je navedena kao adresa primatelja. U tablici 1. dane su adrese svih modula mobilne platforme. Broj modula određuje minimalnu duljinu adrese. Kako je na sabirnici prisutno ukupno pet modula, za adresiranje su potrebna tri bita.

Tablica 1. Adrese modula mobilne platforme

Adrese modula	Modul
001	Motori
010	SD
011	Radio
100	Bluetooth
101	GPS
110	GSM

4.3. Univerzalni paket podataka

Uvođenjem zajedničke sabirnice i organizacijom poruka adresiranjem zahtijevalo je definiranje jednog zajedničkog univerzalnog paketa podataka koji bi uz adrese pošiljatelja i primatelja mogao jednim zadanim formatom prenijeti sve potrebne podatke s bilo kojeg modula. Nakon analize svakog pojedinog modula i specifičnih zahtjeva vezanih za vrstu podataka koje svaki modul treba prenijeti, došlo se do paketa podataka prikazanog na slici 4.



Slika 4. Univerzalni paket podataka

Univerzalni paket podataka je duljine 32 bita. Prva tri bita, gledano s desna na lijevo, sadrže adresu primatelja. Ovi podaci su smješteni na kraju poruke zbog što jednostavnijeg i bržeg maskiranja pri prijemu poruke, te što bržeg odgovora primatelja poruke. Slijedeća tri bita sadrže adresu pošiljatelja. Modul uvijek ima istu adresu, a mjesto na kome se nalazi u poruci govori dali je modul primatelj ili pošiljatelj. Slijedećih pet bitova su bitovi funkcije, koji primatelju govore što je sadržano u podatkovnim bitovima. Širina od pet bitova daje mogućnost definiranja 31 funkcije koju mogu imati podatkovni bitovi. Do sada je definirano 10 funkcija podatkovnih bitova:

- upravljanje pogonskim i radnim motorima,
- uključenje i isključenje cijele platforme ili pojedinog modula,
- prijenos alarma,
- promjenu upravljača mobilne platforme,
- prikaz broja trenutne košnje,
- napunjenost baterije,
- slobodni prostor SD kartice,
- prijenos GPS podataka,
- pokretanje platforme autonomnim načinom rada.

Slanje upravljačkih podataka je organizirano na način da slijedeći bit, a prvi podatkovni bit ima značenje uključnja (vrijednost '1') ili isključenja (vrijednost '0') radnog motora. Slijedećih 10 bitova su upravljački podaci za pogonske motore a imaju značenje skretanja lijevo/desno. Zadnjih 10 bitova ima značenje smjera kretanja naprijed/nazad. Sve dok kod funkcije na MSB (eng. Most Significant Bit) poziciji ima vrijednost '1' mobilna platforma je uključena. Kada je na ovom mjestu vrijednost '0' mobilna platforma se isključuje. Ovakva dodjela vrijednosti je moguća na ovom stupnju razvoja zbog malog broja definiranih funkcija. Funkcija isključenja mobilne platforme ima dekadsku vrijednost 2 (binarno 00010). Funkcija kontrolnih podataka ima vrijednost 18 (binarno 10010). Prvi podatkovni bit se zanemaruje, slijedećih 10 bitova ima značenje uključnja ili isključenja pojedinih modula mobilne platforme, a zadnjih 10 bitova ima značenje statusa mobilne platforme.

Slanje alarma je definirano na način da se prvi podatkovni bit zanemaruje, a kod alarma se šalje dvostruko, u prvom 10 bitnom paketu i u drugom 10 bitnom paketu. Svaki definirani alarm ima dodijeljen kod koji se upisuje u oba 10 bitna paketa. Preostali podaci

definiranih funkcija se upisuju na isti način u podatkovne bitove, gdje se prvi bit zanemaruje, a preostalih 20 bitova je podijeljeno na pakete od 10 bitova u koje se podaci funkcija upisuju dva puta, jednom u prvih 10 bitova i ponovo u drugih 10 bitova. Jedina iznimka su podaci slobodnog prostora na SD kartici. Kod zahtjeva za upravljanjem u podatke se upisuje adresa modula koji traži preuzimanje upravljanja nad mobilnom platformom. Funkcija broja košnje u podatke upisuje podatak trenutne košnje koja se obavlja. Napunjenost baterije u podatke upisuje napunjenost baterije izražene u postocima. Funkcija slobodni prostor SD upisuje podatke preostalih slobodnih MB (eng. Megabyte) na SD kartici. Autonomna košnja je funkcija koja u podatke upisuje broj košnje (zapis prošlog rada), po kojemu se očekuje da mobilna platforma može izvršiti snimljenu putanju rada. GPS podaci zbog svog velikog formata imaju posebno definiran protokol slanja podataka. Uz ovako definiran univerzalni paket podataka koji je zadovoljio gotovo sve potrebe prijenosa podataka unutar sustava mobilne platforme, osmišljen je i način provjere ispravnosti primljenih podataka.

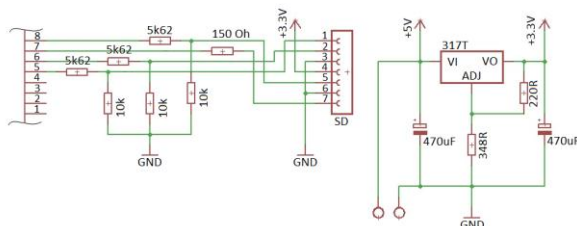
U ovu svrhu osmišljen je protokol u kojem pošiljatelj podatke šalje 2 puta, a koje onda svi moduli primaju i uspoređuju. Pod uvjetom da su podaci jednaki, svi moduli maskiranjem uspoređuju adresu primatelja u poruci sa svojom adresom. Onaj modul koji je naveden kao primatelj vraća primljenu poruku 2 puta, isto kao što ju je i primio. Dvostrukim slanjem poruke i njihovom usporedbom na strani prijemnika omogućena je provjera ispravnosti primljenih podataka. Povratnim slanjem obiju primljenih poruka dobivena je povratna informacija na strani pošiljatelja, prema kojoj pošiljatelj zna da li je komunikacija bila uspješna. U slučaju neuspješne komunikacije pošiljatelj i primatelj ponavljaju postupak komunikacije. Tri osnovna elementa koji su potrebni za kompletno definiranu komunikaciju svakog od modula su: definirane funkcije modula, definirani univerzalni podatkovni paket i definirani protokol komunikacije.

5. ELEMENTI SKLOPA SD MODULA

Sa završetkom ispitivanja svih potrebnih elemenata za rad SD modula na testnim modulima ETM 16, krenulo se u izradu električne sheme. Elementi modula koji su razrađeni na shemi su: komunikacijska sabirnica, sklop SD kartice, LCD displej i ISP programator (eng. In System Programming). Uz ove elemente na pločici se nalaze i rupe za montiranje sklopa na postolje i za montiranje LCD displeja, reset tipka i kondenzatori za gladeње napona. Nakon izrade sheme, prelazi se na raspored elemenata na tiskanoj pločici. Cilj rasporeda elemenata je: koristiti što manje kratkospojnika, osigurati što kraće vodove na pločici i olakšati montažu i lemljenje komponenata na pločicu. Kada je poznat raspored elemenata, isertaju se vodovi na bakrenoj pločici. Jetkanjem se odstrani sloj bakra tako da ostanu samo vodovi. Nakon ovoga bušimo rupe za nožice (pinove) komponenata i to prema njihovoj dimenziji, odgovarajućim promjerom svrdla. Na ovako izrađenu i

pripremljenu pločicu montiraju se i leme komponente redosljedom od najnižih prema najvišima.

5.1. Sklop SD kartice



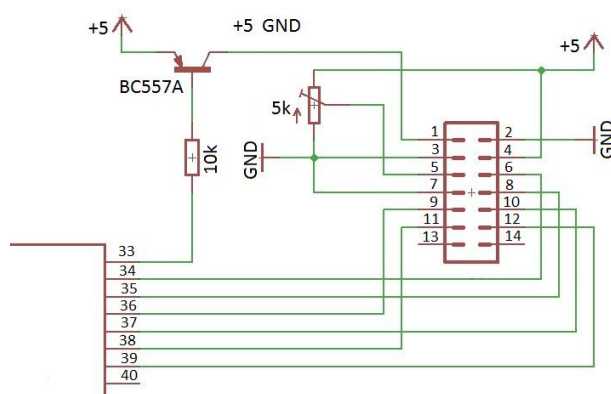
Slika 5. Sklop SD kartice

Sklop SD kartice prikazan na slici 5., je vrlo jednostavan. Uz kondenzatore koji glade napon, potreban je jedan prilagodljivi stabilizator napona LM317, koji se koristi za dobivanje napona od 3.3 V. Budući da se za ATMEGA32 mikrokontroler koristi radni napon od 5 V, potrebno je obaviti pretvorbu naponskih nivoa na komunikacijskim linijama prema SD kartici. Odabran je najjednostavniji, najjeftiniji i vrlo pouzdan način pretvorbe nivoa s otpornicima. ATMEGA32 je mikrokontroler s minimalnim resursima s kojima SD kartica može biti korištena zajedno s FAT datotečnim sustavom. Ovaj mikrokontroler ima 32kB flash memorije, 2 kB SRAM-a i 1kB EEPROM-a (eng. Electrically Erasable Programmable Read Only Memory). U ovom modulu najvažnija karakteristika je količina SRAM-a. U BASCOM-AVR za upotrebu AVR-DOS koda preporučuje se mikrokontroler s 4kB SRAM-a (Mega103 ili Mega128). Ovdje se uz programske prilagodbe, a na štetu brzine prijenosa podataka, uspjelo implementirati FAT datotečni sustav sa samo 2kB SRAM-a. Blokovi memorije koji se koriste za FAT datotečni sustav su: DIR-Handle i FAT Handle u zajedničkom buffer-u (561 Byte) i File Handel (534 Byte). Nakon implementiranog FAT sustava, ostalo je 460 Byte-a slobodnog SRAM-a. Iskorišteni flash za FAT sustav je 2kB. S implementiranim FAT sustava ostalo je dovoljno flash memorije i SRAM memorije za pisanje vlastitog koda programa. Za pogon mikrokontrolera koristi se unutarnji oscilator na frekvenciji od 1 MHz.

5.2. ISP programator

AVR mikrokontroleri imaju mogućnost programiranja u sklopu. Ovo je vrlo korisna opcija koja pojednostavljuje razvoj već gotovog sustava koji se samo programski unapređuje ili nadograđuje. Shema samog ISP programatora je vrlo jednostavna. Na konektor programatora se povezuju pinovi SPI komunikacije, pinovi napajanja mikrokontrolera i reset pin. Sve ovo je dovoljno za programiranje mikrokontrolera bez odvajanja mikrokontrolera od sklopa. Ovakvim programiranjem se znatno ubrzava razvoj sustava, što je i razlog implementacije ISP programatora u SD modul.

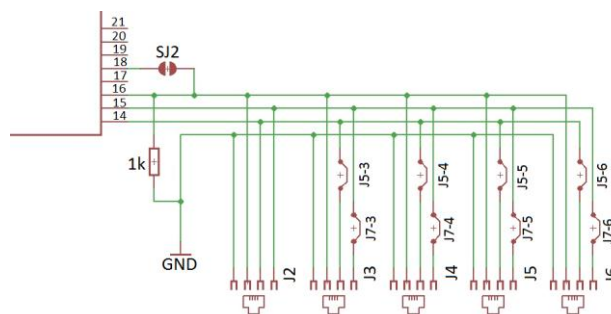
5.3. LCD displej



Slika 6. Električna shema LCD displeja

Jedan od izlaznih elemenata sustava mobilne platforme je i LCD displej 16x2 koji se koristi za ispis važnih podataka tijekom rada mobilne platforme. Podaci kao što su: alarmi, napunjenost baterije, upravljač, broj košnje itd. Za prijenos podataka koristi se 4 bitna sabirnica koja za razliku od 8 bitne ima manju brzinu prijenosa podataka. Upravljački pinovi su 'enable' i 'reset'. V_0 signal je analogni signal kojim se namješta kontrast LCD displeja. Odvojena su napajanja elektronike modula i pozadinskog osvjetljenja. Pozadinsko osvjetljenje se uključuje posebnim pinom mikrokontrolera pomoću PNP tranzistora. Upravljački i podatkovni pinovi LCD displeja se moraju definirati u programu mikrokontrolera.

5.4. Komunikacijska sabirnica



Slika 7. Električna shema komunikacijske sabirnice

Uz sklop SD kartice komunikacijska sabirnica je najvažniji dio SD modula. Sabirnica je izrađena od telefonskih konektora i telefonskih četveropolnih kabela. Tx i Rx linije su linije koje su povezane na komunikacijsko sučelje mikrokontrolera. Linija semafora je povezana s pinom PD.2 Ovaj pin ima funkciju vanjskog prekida, koji služi za inicijalizaciju komunikacije. U programu je definiran kao ulazni, u niskom stanju 0 V, vrlo je osjetljiv, čak i na statički elektricitet. Zbog toga je dodan otpornik između linije semafora i mase, koji je uklonio probleme preosjetljivosti. Kod konfiguracije vanjskog prekida postavljeno je okidanje na rastuću brid, prijelaz iz logičke '0' (0 V) u logičku '1' (5 V). Za postavljanje linije semafora u visoko stanje koristi se izlazni pin PD.4. Četvrta linija komunikacijske sabirnice je masa, koja je uvedena isto tako zbog osjetljivosti pina vanjskog prekida. Povezivanjem mase svih modula izbjegava se

okidanje vanjskog prekida zbog razlike potencijala između pojedinih modula, iako su napajani iz istog izvora.

6. PROGRAM

6.1. Razvoj programa

Pisanje koda program je teklo paralelno s razvojem odnosno odabirom sklopova koji se koriste na mobilnoj platformi. Prije razvoja komunikacije ispitani su načini rada vezani za korištenje EPROM-a na mikrokontroleru. Ovaj dio se pokazao vrlo jednostavnim i lakim za primjenu. Posebno su testirane mogućnosti odnosno načini maskiranja varijabli korištenjem logičkih funkcija I i ILI. Samostalno je testiran vanjski izvor prekida koji se koristi za iniciranje komunikacije i za indiciranje komunikacije u tijeku (semafor linija). Ovaj pin se pokazao vrlo osjetljivim i na najmanju razliku potencijala. Zbog toga su bile testirane razne kombinacije konfiguracije pina i konfiguracije okidanja prekida. Na kraju su dobiveni dobri rezultati s pinom konfiguriranim kao ulazom, a prekid je okidan rastućim bridom. Obje ove funkcije su definirane u programu.

6.2. Izvođenje programa

Na početku programa, definirani su svi podaci vezani za procesor koji se koristi, definirani su ulazi i izlazi, pinovi koji su povezani LCD displejem i vanjski prekid koji se koristi. Nakon dimenzioniranja svih potrebnih varijabli koje će se koristiti u programu, uključujući i varijable u EPROM-u slijedi skok u potprogram "Pokretanje" u kojemu se uspostavlja FAT sustav po kojemu će mikrokontroler zapisivati podatke na SD kartici. FAT sustav se uspostavlja samo jednom u programu. Nakon svakog priključenja SD modula na napon napajanja, nakon svakog programiranja ili resetiranja SD modul će se odmah postaviti u idle mod rad u kojemu se štedi energija. Pokretanje SD modula iz idle moda će biti obavljeno vanjskim prekidom odnosno iniciranjem komunikacije. Ukoliko stigne naredba za pokretanje, SD modul će izaći iz idle moda te pokrenuti i ostale module mobilne platforme. Nakon pokretanja ostalih modula, SD modul može prenositi podatke koje korisnik zatraži ili alarme koji se pojave na pojedinim modulima tijekom njihova uključivanja. Rad mobilne platforme počinje prvom naredbom upravljanja, kojom se uključuje radni motor i/ili pokreće kretanje mobilne platforme. Primitkom prve upravljačke naredbe SD modul pokreće vremenski sklop (timer) kojim mjeri vrijeme između dviju upravljačkih naredbi. Izmjereno vrijeme se zapisuje zajedno s naredbom na SD karticu. Druga funkcije timer-a je postavljanje alarma prekida upravljačke veze. Ukoliko se predviđeno vrijeme timer-a izbroji, postaviti će se alarm gubitka upravljačke veze. Pojavom ovoga alarma mobilna platforma će stati, isključiti radni motor i zatim će se cijeli sustav mobilne platforme isključiti. Sve dok se upravljačke naredbe šalju u dozvoljenom periodu mobilna platforma nastavlja s radom i podaci se zapisuju na SD karticu. Tijekom rada kada komunikacijska

sabirnica nije zauzeta slanjem upravljačkih naredbi, mogu se prenositi podaci koje traži korisnik ili alarmi koji se pojave kao upozorenje na grešku ili kvar pojedinog modula. Spremanje podataka na SD karticu se vrši u datoteke koje se otvaraju prilikom pokretanja SD modula. Ove datoteke imaju nazive brojevanih vrijednosti po kojima se pretražuju kasnije kada se pojavi zahtjev za obavljanjem spremljenog rada kosilice. Ukoliko se ne pronađe tražena datoteka pojaviti će se alarm "nema zapisa", koji će ukazati da traženi zapis nije pronađen na SD kartici. Podaci koji se spremaju u svaki red datoteke su: broj retka, podatak brzine, podatak smjera, stanje radnog motora, vrijednost timer-a, adresa upravljača, alarm i napunjenost baterije. Najveći broj redaka koji se mogu upisati u jednu datoteku je 65535. Nailaskom na ovu vrijednost broja retka, završava se rad po spremljenim podacima i mobilna platforma će se isključiti. Isto tako će se isključiti ako se tijekom rada pojavi alarm koji isključuje mobilnu platformu. Prije isključenja SD modula upisati će se broj retka 65535 koji će naznačiti kraj zapisa, a isto tako će se spremati i kod alarma zbog mogućnosti kasnije dijagnostiku mobilne platforme. Isključenje mobilne platforme je moguće: pojavom alarma, primanjem naredbe za isključenje ili izvršavanjem zadnjeg reda zapisa datoteke kod autonomnog načina rada.

6.3. Struktura programa

Program je koncipiran na način da se glavni dio programa nalazi unutar do – loop petlje. U njoj se obrađuju: upravljački podaci, zahtjevi za dodatnim podacima, alarmi i naredba isključenja. Sve funkcije koje SD modul obavlja su napisane u potprogramima u koje se ulazi iz do – loop petlje, vanjskim prekidom ili prekidom timera.

Uz dobro osmišljeni sklop, program je taj koji ostavlja puno prostora za daljnji razvoj mobilne platforme.

7. ZAKLJUČAK

Razvojem ideje o mobilnoj platformi, definirani su zahtjevi koji se na nju postavljaju. Svi zahtjevi grupirani su u niz funkcijskih cjelina na temelju kojih su projektirani sklopovi u obliku sedam zasebnih modula. Velik broj funkcija trebalo je organizirati i povezati u funkcionalnu cjelinu koja će sigurno obaviti zadane zadatke. Za funkcionalno povezivanje svih modula sustava bio je potreban prijenos podataka između modula. Sredstvo kojim je ovo postignuto je posebno razvijena komunikacija koja omogućava pouzdan prijenos podataka. Ugrađene osobine komunikacije su provjera ispravnosti podataka i povratna informacija pošiljatelju o ispravnosti podataka. Uz definirane funkcije svih modula sustava i uz njihovu međusobnu suradnju, omogućeno je i izvršavanje zadanih radnji po prethodno snimljenom zapisu rada. Ovakav način autonomnog rada bio je i konačni cilj ovog projekta.

8. LITERATURA

- [1] Petar Biljanović: Elektronički sklopovi, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
- [2] Stanko Paunović: Elektronički sklopovi, Element, Zagreb, 2006.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Lawn_mower, lipanj 2012.

Kontakt autora:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.

Veleučilište u Varaždinu

J.Križanića 33

42000 Varaždin

042/493-354

ivan.sumiga@velv.hr

Zoran Vrhovski, mag.ing.eit

Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar

043/241-185

zvrhovski@vtsbj.hr

Tomislav Šalamunec (bivši student)

Visoka tehnička škola u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar

098/958-2814

tomislav.salamunec@gmail.com