



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra radioelektroniky

Kybernetické vozidlo

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Pavel Máša, Ph.D.

Student: Jan Kopecký

Leden 2014

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Pavlu Mášovi, Ph.D. za ochotnou pomoc a užitečná doporučení, jak při návrhu řídicí elektroniky kybernetického vozidla, tak při tvorbě software.

Jan Kopecký

V Dobříkově dne 1.1.2014

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně s pomocí vedoucího práce a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Dobříkově dne 1.1.2014

.....

podpis studenta

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
katedra radioelektroniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jan Kopecký**

Studijní program:
Obor: Multimediální technika

Název tématu: **Kybernetické vozidlo**

Pokyny pro vypracování:

Úkolem práce je návrh a realizace jednoduchého kybernetického vozidla, které by mělo být schopné samostatného pohybu v prostoru a rozpoznání překážek. V klidu má být baterie vozidla dobijena ze solárního článku. Vozidlo by mělo být schopno najít optimální intenzitu světla pro dobíjení solárního článku.


- 1) Proveďte analýzu problematiky a rešerši stávajících řešení.
- 2) Navrhněte řídicí elektroniku vozidla.
- 3) Vozidlo realizujte včetně ovládacího software.
- 4) Vozidlo otestujte a proveďte vyhodnocení jeho funkčnosti.

Seznam odborné literatury:

- 1) MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. BEN, Technická literatura, Praha, 2006.
- 2) NOVÁK, Petr. Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení, 1 díl. BEN, Technická literatura, Praha, 2005.

Vedoucí: Ing. Pavel Máša, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2013/2014


Prof. Ing. Miloš Klíma, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
děkan

V Praze dne 28. 8. 2013

Anotace

Cílem této práce je návrh kybernetického vozidla, schopného samostatného pohybu v prostoru a dobíjení vlastní baterie pomocí solárního článku. V práci je proveden rozbor problematiky, řešení mechanické konstrukce vozidla, realizace řídicích obvodů a popis funkce řídicího software. Další část práce se pak věnuje vlastnostem a hodnocení hotového kybernetického vozidla.

Annotation

Objective of this project is creation of cybernetic vehicle, capable of independent movement in surrounding space and recharging its battery using solar panel. This project contains analysis of the issue, solution of vehicle's mechanical construction, realization of control electronics and description of control software. Next part devotes to characteristics of finished cybernetic vehicle.

Seznam příloh

1. Plošný spoj desky s řídicí elektronikou

OBSAH

1. Úvod	1
2. Analýza problematiky, stávající řešení	2
3. Mechanická část vozidla	5
I. Podvozek	5
II. Konstrukce nesoucí elektronické součástky	6
4. Čidla	7
I. Čidla vzdálenosti	7
II. Čidlo s digitálním výstupem	9
5. Řídící elektronika	11
I. Schéma	11
II. Součástky ve schématu	12
III. Funkce zapojení	13
6. Procesorová deska Arduino Duemilanove	18
I. Popis desky	18
II. Vstupy, výstupy, komunikace	19
7. Solární články	20
I. Teoretický základ	20
II. Vlastnosti a využití solárních článků v kybernetickém vozidle ...	24
8. Řídící software	27
I. Vývojové prostředí	27
II. Popis funkce programu	28
9. Závěr, hodnocení funkčnosti vozidla	31
10. Reference	33
11. Přílohy	34

1. ÚVOD

Cílem této práce je sestavení kybernetického vozidla, schopného samostatného pohybu v prostoru, rozpoznání překážek ve svém okolí a dobíjení vlastní baterie pomocí solárního článku.

Když už vozidlo nese označení kybernetické, je třeba uvést alespoň pár slovy, co vlastně kybernetika je - je to věda, zabývající se obecnými principy řízení a přenosu informací ve strojích a živých organismech. Za zakladatele je považován americký matematik Norbert Wiener, který publikoval roku 1948 knihu "Kybernetika aneb Řízení a sdělování u organismů a strojů".

Kybernetické vozidlo splňující zadání této práce, lze nazvat mobilním robotem.

Slovo robot pochází původně z knihy Karla Čapka R.U.R., kde označuje bytosti uměle stvořené lidmi, za účelem vykonávání práce namísto člověka.

Roboti v dnešním světě plní mnoho úkolů, které jsou pro člověka příliš namáhavé či nudné, jako například práce na montážních linkách, ale slouží také i v mnoha jiných odvětvích - například jako kuriozity (roboti napodobující vzhled a chování člověka) nebo zdroje zábavy (robotické hračky).

Pro úspěšné vytvoření kybernetického vozidla bude nezbytné navrhnout způsob jeho pohybu, elektroniku, která bude obsluhovat jeho "tělo" a také vytvořit program, který bude ovládat pohyb vozidla na základě informací získaných o okolí (zastane tedy funkci myšlení).

2. ANALÝZA PROBLEMATIKY, STÁVAJÍCÍ ŘEŠENÍ

Robotika je věda o robotech, jejich výrobě a využití. Robotiku lze dělit dle mnoha kritérií, za to nejzákladnější rozdělení se dá považovat rozdělení na průmyslovou a experimentální robotiku.

Příkladem průmyslového robota jsou robotická ramena využívaná u montáží automobilů.

Pod experimentální robotiku patří například systémy ruka-oko, sestávající z manipulační paže, kamery, pracovního stolu a počítače. Dalším příkladem experimentální robotiky jsou pohyblivé robotické hračky.

Další dělení robotů je dle jejich mobility, na stacionární a mobilní.

Stacionárním robotem je robot pevně vázán k jednomu místu, bez možnosti jej vlastními silami opustit.

Mobilním robotem je robot schopný se v prostoru sám pohybovat, nejčastěji za použití kol nebo pásů.

Z hlediska účelu robotů existuje větší množství skupin robotů, z těch důležitějších:

- Roboty, které zastupují funkci člověka v nebezpečných podmínkách jako jsou části jaderných elektráren, záchranné práce v člověku těžce přístupném terénu (sutiny budov), nebo například ve vesmíru.
- Roboty vylepšující lidské schopnosti (např. v chirurgii)
- Roboty vykonávající neoblíbené práce (robotické vysavače, sekačky atd.)
- Roboty napodobující vzhled a chování člověka
- Zábavné robotické hračky

Z hlediska autonomie dělíme roboty na autonomní, semiautonomní a dálkově řízené.

V současné době se robotika stala relativně populární a množství lidí se věnuje konstrukci pohyblivých robotů za účelem soutěží nebo pro zábavu, díky tomu existuje mnoho různých řešení a postupů při konstrukci takového robota.

Pohybliví roboti mohou mít různá určení - například lze vytvořit robota sledujícího stěnu, případně čáru na zemi nebo robota schopného manipulovat předměty.

Vzhledem k zadání této práce, je třeba vytvořit robota (kybernetické vozidlo) schopného samostatného pohybu v prostoru (půjde o autonomního mobilního robota). Je tedy nutné vybrat způsob pohybu robota. Běžnými řešeními (u robotů pohybujících se po zemi) jsou roboti typu:

"*auto*" - robot se může pohybovat vpřed a vzad, změna směru je jako u auta realizována natočením kola či nápravy, jedná se o tzv. Ackermanovo řízení.

"*tank*" - robot je schopen otáčení kolem vlastní osy, ale pohybuje se pouze vpřed nebo vzad, tzv. diferenciálně řízený.

"*všesměroví*" - robot je schopen pohybu v libovolném směru bez ohledu na aktuální orientaci, (toto řešení není tak časté jako ta předcházející).

Ze zmíněných řešení pohybu byl "tank" zvolen jako nejvhodnější, protože umožňuje dobrou pohyblivost, ale zároveň není konstrukčně tak náročný jako všesměrový robot.

Kromě schopnosti pohybu je také nutné zajistit, že bude kybernetické vozidlo schopno získávat informace o svém okolí, aby na jejich základě mohlo řídit svůj pohyb. Za tímto účelem je možno využít senzory vzdálenosti, nebo analýzu videa. Vzhledem k velkým nárokům na výpočetní výkon není analýza videa vhodná, docházelo by ke zpoždění z důvodu zpracování velkého množství video dat, je tedy vhodnější využít senzory vzdálenosti.

Nejběžnějšími metodami měření vzdálenosti u robotů jsou infračervené nebo ultrazvukové senzory. Ultrazvukové senzory dokáží snímat na větší vzdálenost, ovšem pro navrhovaného robota je důležité pouze blízké okolí (řádově desítky cm). Ultrazvukové senzory jsou v porovnání s infračervenými několikanásobně dražší a měření pomocí nich má odezvu danou čekáním na návrat signálu šířícího se rychlostí zvuku, z tohoto důvodu byly zvoleny infračervené senzory.

K řízení vozidla je nezbytný programovatelný mikroprocesor. U mobilních robotických hraček jsou často využívány mikroprocesory BasicAtom, PICAx a Atmel.

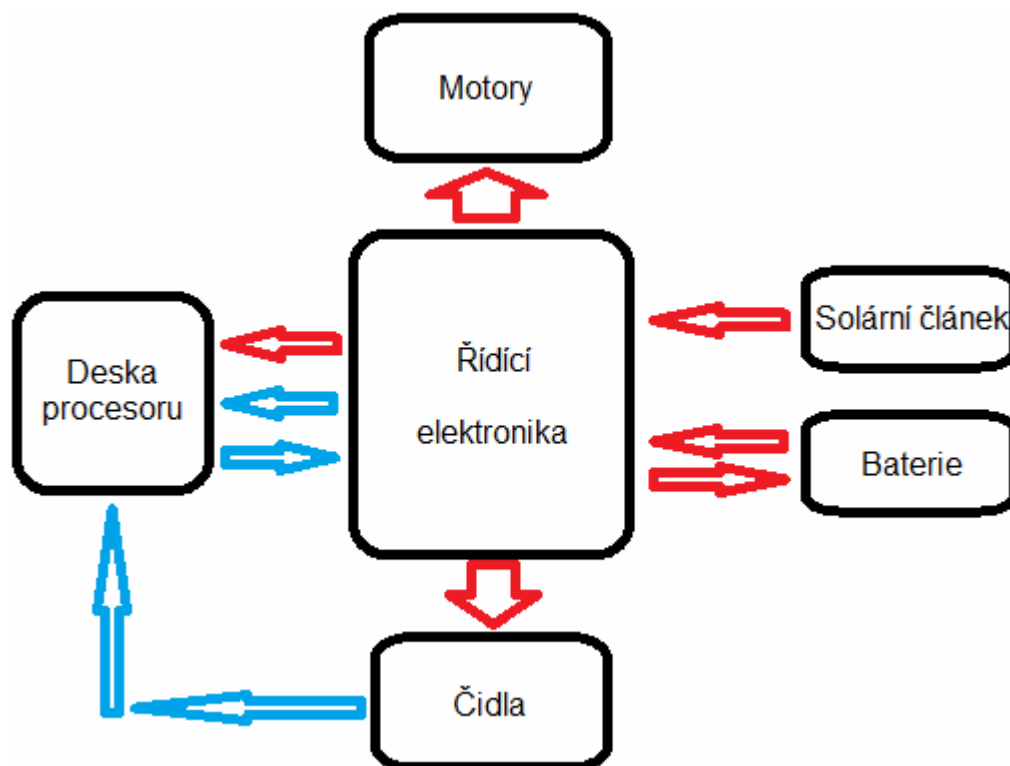
Po prostudování možností byla jako nejvhodnější volba vybrána deska Arduino Duemilanove využívající mikroprocesor Atmel ATmega328. Důvody pro tento výběr byly: dostatečný výpočetní výkon a počet vstupů - digitálních i analogových, možnost snadného programování pomocí USB kabelu, jednoduché použití desky.

Na základě již zvolené desky s procesorem (napájení 7-12 [V]) a pohonu vozidla (napájení 6 [V] + úbytek stabilizátoru), se jako vhodné ukázalo napájecí napětí v rozmezí 8 -12 [V]. Pro napájení tedy byla zvolena baterie Li-Pol 11,1 [V].

Kybernetické vozidlo má dle zadání být schopno nabíjení ze solárních článků, za tímto účelem bylo nezbytné vybrat solární článek vhodných rozměrů a výkonu. Elektronika vozidla bude navržena tak, aby bylo možné minimalizovat odběr proudu, předpokládaný odběr desky procesoru s procesorem v režimu spánku byl v době výběru článků do 10 [mA], což se později potvrdilo měřením.

Jako nejvhodnější se ukázala trojice solárních článků 9 [V] / 109 [mA], která výkonem pro dobíjení baterie bude stačit a rozměrově také vyhovuje.

Pro měření úrovně osvětlení bude použit přímo solární článek, nebude tak třeba přidávat další senzor osvětlení.



Obr. 2.1 - blokové schéma kybernetického vozidla
Červené šipky na obrázku představují napájení, modré přenos dat.

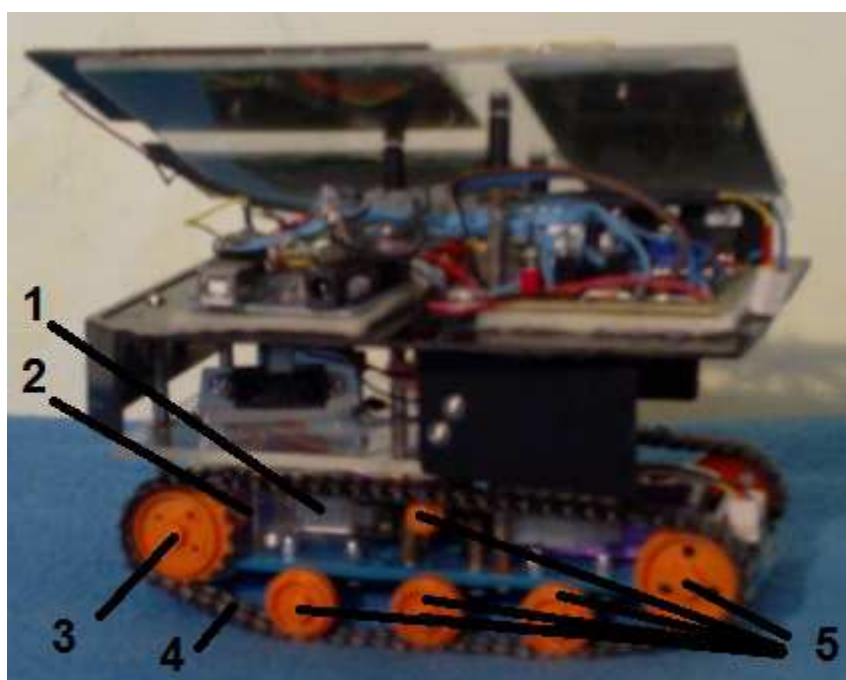
3. MECHANICKÁ ČÁST VOZIDLA

Podvozek

Jako tělo kybernetického vozidla byla využita stavebnice pro robotiku, nesoucí název TANK-02. Jedná se o pásový podvozek, který jsem oproti klasickým kolům zvolil pro lepší možnosti pohybu přes drobné překážky a také možnost otočit vozidlo na místě. Základem této stavebnice je plastová děrovaná deska, sloužící k montáži ostatních součástí.

K výše zmíněné desce byla přišroubována dvojice převodovek (2) s nastavitelným převodovým poměrem (volba ze 4 možností), v tomto případě byl zvolen poměr 114,7 : 1. Tento poměr byl zvolen na základě praktické zkoušky rychlosti pohybu, pro větší převodový poměr (344,2 : 1) byl pohyb vozidla zbytečně pomalý, u nižšího převodu (38,2 : 1) zase docházelo k nadměrnému chvění vozidla v důsledku rychlého pohybu po pásovém podvozku.

Převodovky jsou poháněny dvojicí motorů pololu1117 (1), se jmenovitou hodnotou napájení 6 [V]. Výstupní hřídele převodovek pohání ozubená kola (3), která pohybují gumovými pásy (4). K napnutí pásů je využito dalších 5 kol (5) na každé straně vozidla, tato kola nejsou sama poháněna, pouze se pasivně otáčejí spolu s pohybem pásu.



Obr. 3.1 - boční pohled na kybernetické vozidlo - podvozek

Konstrukce nosoucí elektronické součástky

Baterie (1) je vzhledem k relativně velké hmotnosti umístěna přímo na podvozku, aby se tak zlepšila stabilita vozidla, další části vozidla jsou ve vyšších úrovních. Pomocí konektoru je možno baterii odpojit a vyměnit, nebo dobíjet.

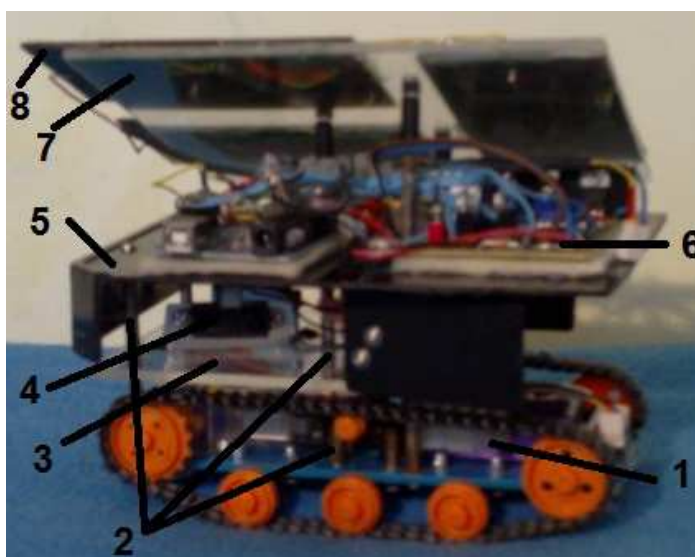
Vyšší úrovně vozidla jsou tvořeny upevněním plastových desek pomocí distančních sloupků (2).

První úroveň (3) nad podvozkem obsahuje čtyři infračervená čidla vzdálenosti (4), upevněná pomocí šroubů ke kovové konstrukci. Tato úroveň byla pro umístění čidel vybrána, protože se nachází přibližně v polovině výšky vozidla - při jiném umístění by nebylo možné detekovat buď nízké nebo výše položené překážky.

Směrové rozmístění čidel - dvě čidla míří před vozidlo a svírají spolu jen velmi ostrý úhel. Pole, ve kterém tato čidla detekují blízký se předmět, se překrývají a zároveň je možné určit na které straně se předmět nachází. Zbývající dvojice čidel míří do stran a umožňují tak detekovat předměty na stranách (např. stěnu ke které by se vozidlo blížilo pod ostrým úhlem, takže by ji čidla mířící před vozidlo nedetekovala).

Druhá úroveň (5) má dvojí využití, jednak nese řídicí elektroniku (6), ale také stíní infračervená čidla, aby na ně nedopadalo přímé sluneční světlo, které by mohlo ovlivňovat měřené hodnoty.

Třetí úroveň (7) slouží k upevnění solárních článků (8). Tato úroveň není upevněna rovnoběžně s ostatními, ale pod úhlem přibližně 20°. Důvody pro šikmé upevnění jsou, že v naší zeměpisné šířce slunce nesvítí nikdy kolmo k povrchu Země a také je díky tomuto upevnění možné určit směr, ve kterém se nalézá zdroj světla.



Obr. 3.2 - boční pohled na kybernetické vozidlo - konstrukce

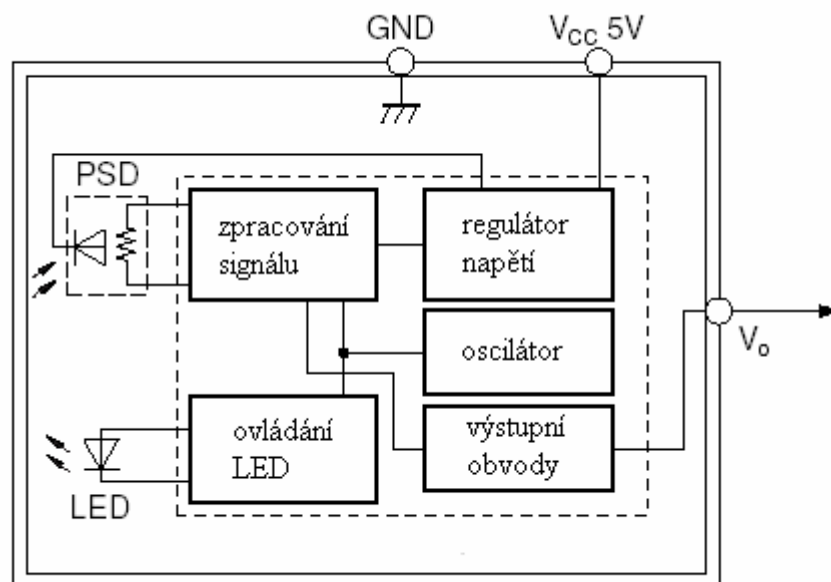
4. ČIDLA

Čidla vzdálenosti

K získání informací o předmětech v blízkém okolí kybernetického vozidla jsou využívána infračervená čidla GP2Y0A21YK. U těchto čidel je infračervené světlo v vysíláno do prostoru každých 32 [ms], je-li v jeho cestě nějaký předmět, světlo se od něj odráží a dopadá na fotodiodu, vnitřní elektronika čidla pak osvětlení senzoru převádí na výstupní napětí. Výrobce udává maximální snímací vzdálenost tohoto čidla je 80 [cm] a doba za kterou se nové měření projeví na výstupu 39 [ms].

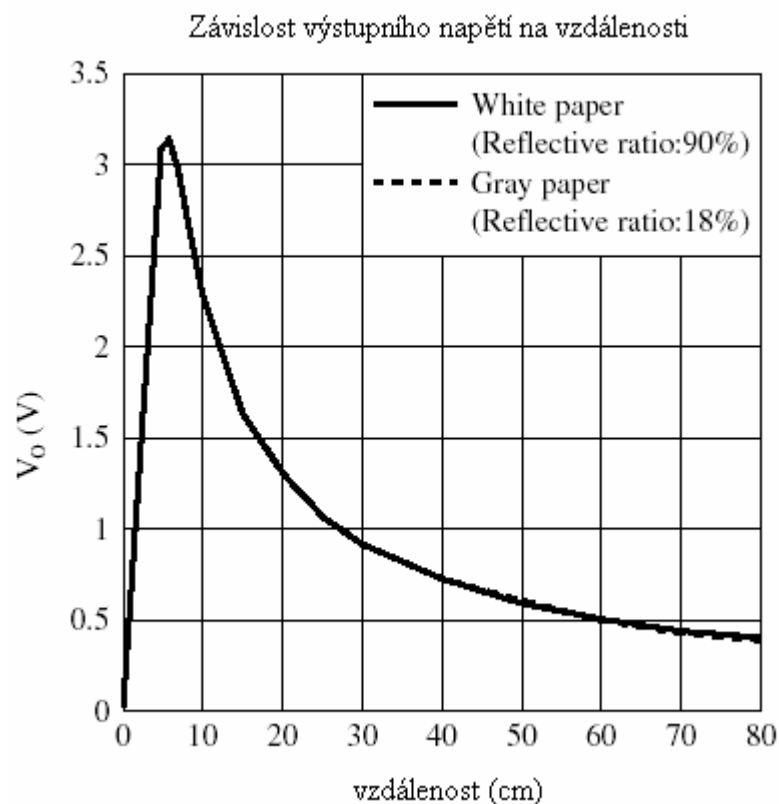
Připojení čidla je realizováno pomocí výrobcem dodávaného třívodičového konektoru, který přivádí k čidlu stabilizované napětí 5 [V] a zemnicí vodič z desky s řídicí elektronikou, třetí vodič pak vede z čidla na analogový vstup procesoru.

Průměrný proudový odběr tohoto čidla udávaný výrobcem je 30 [mA].



Obr. 4.1 - vnitřní uspořádání čidla GP2Y0A21YK

Jak je patrné z níže přiloženého grafu, čidlo je použitelné k určení vzdálenosti objektu v rozsahu 7 - 80 [cm], ovšem oblast vhodná pro využití je zhruba do 40 [cm], protože pro větší vzdálenosti se hodnota výstupního napětí mění jen málo a protože výstupní napětí pro nízké hodnoty mírně kolísá (o 30-200 [mV] od přesné hodnoty, liší se pro jednotlivé kusy), což se negativně projevuje na přesnosti měření. Čidlo detekuje i předměty vyrobené z čirého skla a to téměř bez rozdílu oproti předmětům z běžných materiálů.



Obr. 4.2 - Závislost výstupního napětí čidla GP2Y0A21YK na vzdálenosti

Na detekci předmětu má kromě vzdálenosti vliv také jeho plocha - předměty o malé ploše (např. slabá kovová noha židle) mohou být těžce detekovatelné, nebo k jejich detekci v krajním případě vůbec nedojde.

Vnitřní uspořádání a závislost výstupního napětí na vzdálenosti čidla GP2Y0A21YK byla převzata z katalogového listu výrobce dané součástky.

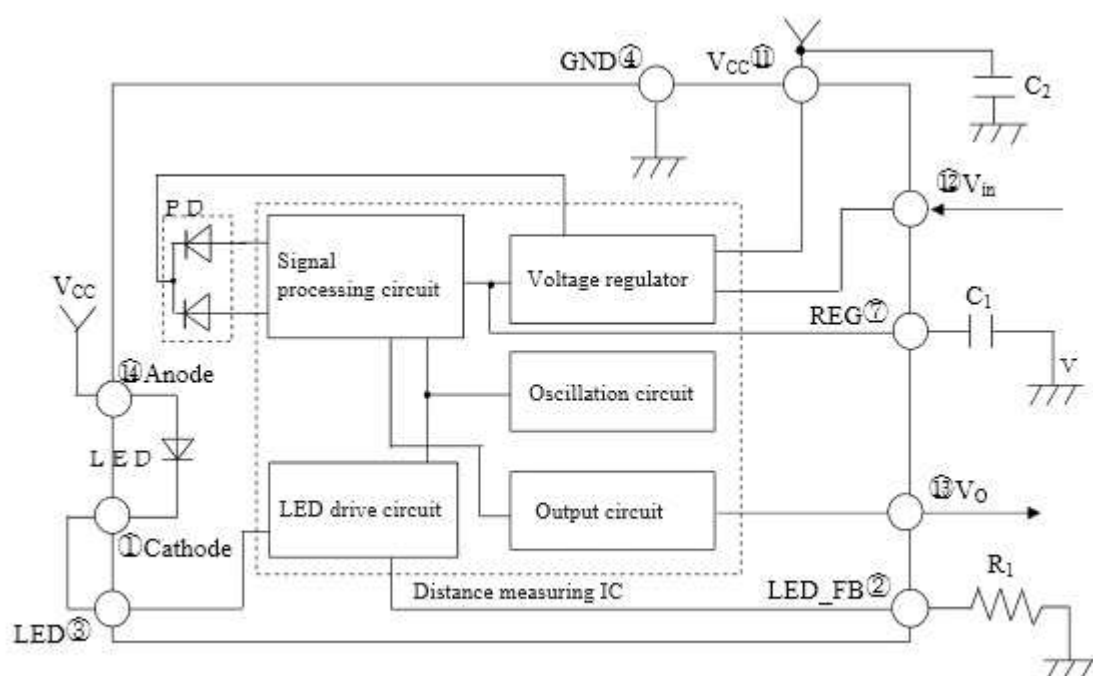
Katalogový list lze najít například zde:

<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/GP2Y0A21YK.pdf>

Čidlo s digitálním výstupem

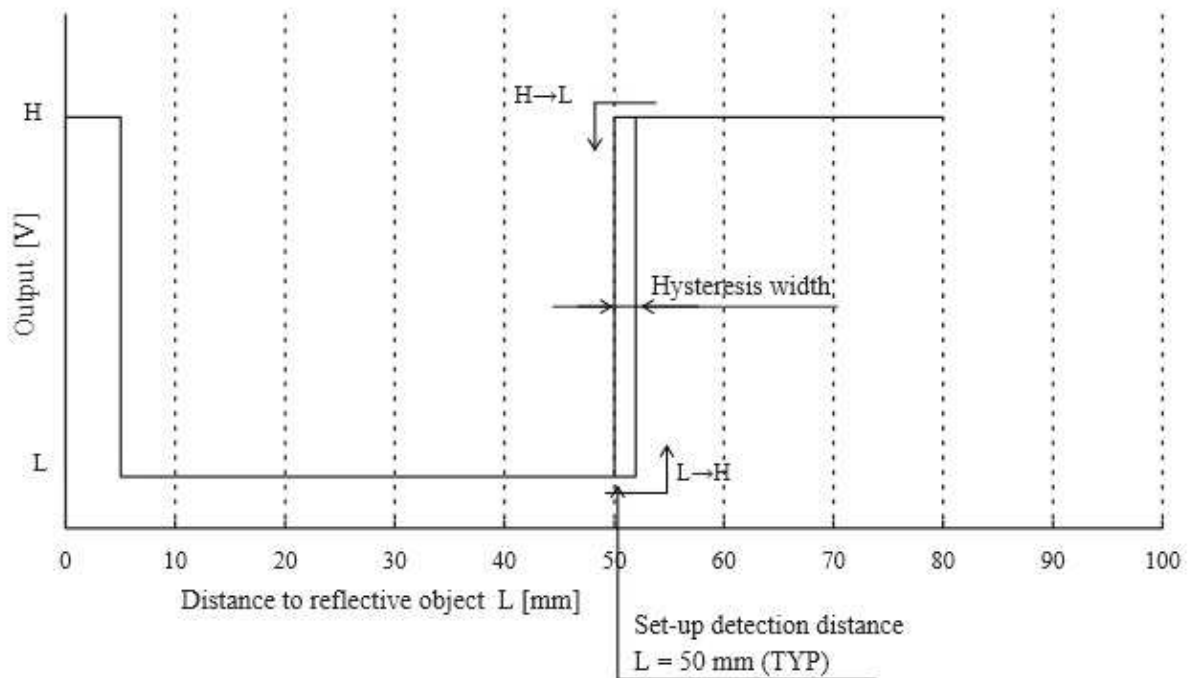
Pro detekci strmého srázu (jako např. schodiště) bylo vozidlo vybaveno infračerveným čidlem vzdálenosti s digitálním výstupem GP2Y0D805, které je umístěno v přední části podvozku a směřuje dolů. Toto čidlo podává logickou hodnotu "1" nebo "0" v TTL úrovních, typická rozhodující vzdálenost udávaná výrobcem je 5 [cm]. Proudový odběr čidla udávaný výrobcem je 5 [mA].

Doba, za kterou se nová hodnota projeví na výstupu čidla je typicky 2,56 [ms].



Obr. 4.3 - vnitřní zapojení čidla

Výstup čidla obsahuje malou hysterezi, která zabraňuje "přeskakování" logických úrovní v případě, že se před čidlem nachází předmět na detekční vzdálenosti (5 [cm]).



Obr. 4.4 - Úroveň výstupního signálu čidla GP2Y0D805 v závislosti na vzdálenosti

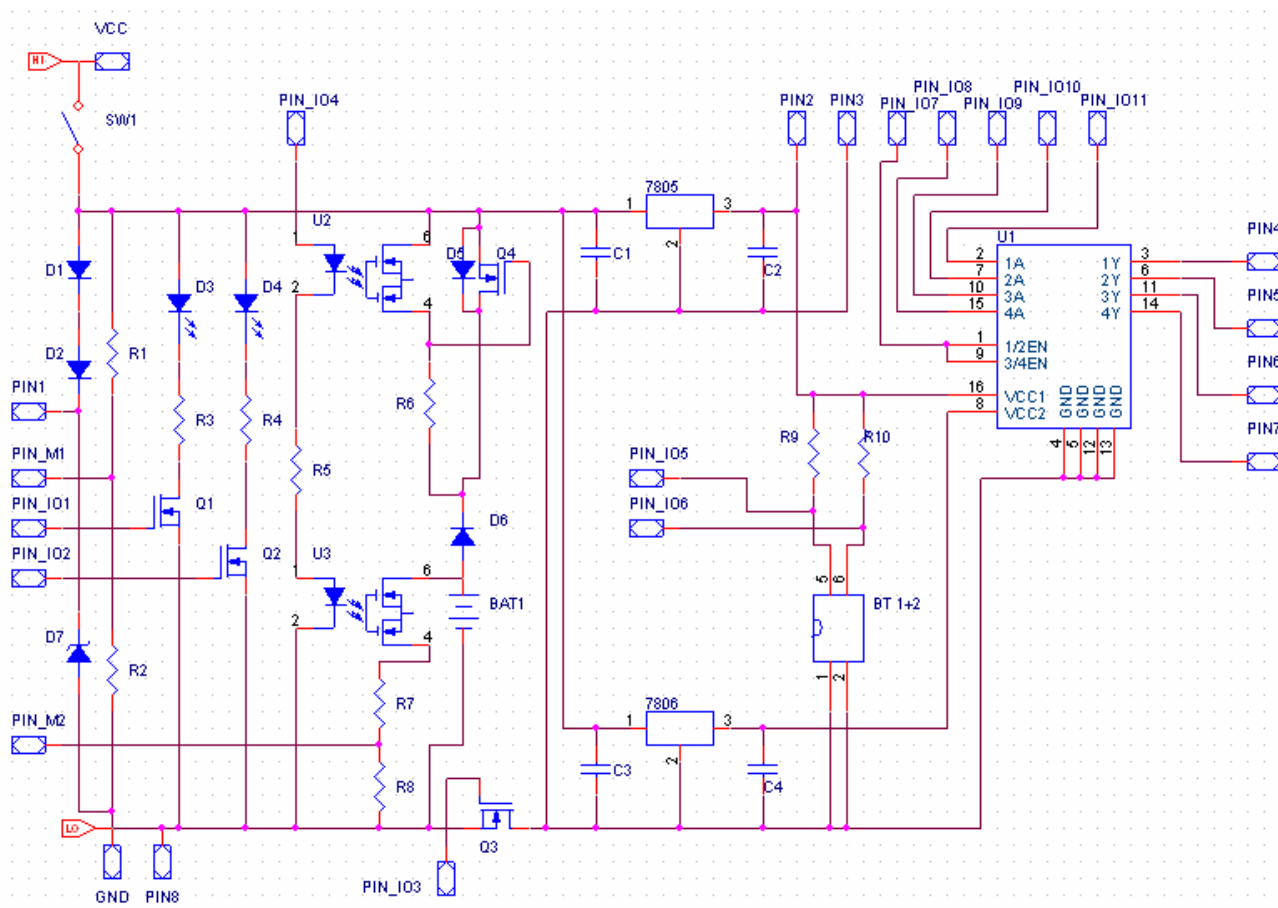
Vnitřní uspořádání a závislost výstupu na vzdálenosti čidla GP2Y0D805 byla převzata z katalogového listu výrobce dané součástky.

Katalogový list lze najít například zde:

<http://www.pololu.com/file/0J284/GP2Y0D805Z0F.pdf>

5. ŘÍDÍCÍ ELEKTRONIKA

Schéma



Obr. 5.1 - Schéma zapojení řídicí elektroniky

Součástky ve schématu (Obr. 5.1):

SW1 - mechanický přepínač pro zapnutí/vypnutí kybernetického vozidla

BT 1+2 - sada obsahující 2 tlačítka pro ovládání robota

D1, D2, D5, D6 - usměrňovací diody 1N4007

D3, D4 - LED diody pro signalizaci stavu vozidla, červená a zelená

D7 - Zenerova dioda 15 [V] (BZY015)

R1, R6 - rezistory 180 [k Ω]

R2 - rezistor 68 [k Ω]

R3, R4 - rezistory 1,8 [k Ω]

R5 - rezistor 180 [Ω]

R7 - rezistor 560 [Ω]

R8 - rezistor 100 [Ω]

R9, R10 - rezistory 5,6 [k Ω]

Q1-Q3 - tranzistory IRL3803

Q4 - tranzistor STP9NK50Z

U1 - obvod pro řízení motorů SN754410

U2, U3 - elektro-optická relé KAQV214

7805 - stabilizátor napětí 5 [V] (L78S05C)

7806 - stabilizátor napětí 6 [V] (L7806C)

C1, C3 - keramické kondenzátory 0,33 [μ F]

C2, C4 - keramické kondenzátory 0,1 [μ F]

BAT1 - konektor pro solární článěk

VCC, GND, pin1-pin8, pinM1, pinM2, pin_IO1 - pin_IO11 - piny pro připojení napájení/datových/analogových vstupů k desce

Funkce zapojení

(schéma zapojení na Obr. 5.1)

Napájení z baterie Li-Pol 11,1 [V] o kapacitě 1100 [mAh], je připojeno k pinům VCC a GND, je možné jej odepnout pomocí přepínače SW1. Kybernetické vozidlo je schopno s danou baterií fungovat v plném vytížení po dobu zhruba dvou hodin. Napájení je dále vyvedeno na pin1 pro desku procesoru, je sníženo o úbytek na diodách D1 a D2, aby ani při maximálním nabití baterie nepřekročilo úroveň doporučenou výrobcem desky Arduino Duemilanove. Zenerova dioda je k napájení desky procesoru paralelně připojena, aby v případě odpojení baterie a vystavení solárního článku vysoké intenzitě světla, nedošlo k poškození napájecích obvodů desky Arduino.

Rezistory R1 a R2 tvoří rezistorový dělič, určený k měření napětí baterie. Dělič sice trvale odebírá proud z baterie, ale hodnoty použitých odporů jsou relativně vysoké, takže proud odebíraný děličem lze zanedbat.

LED diody D3 a D4 jsou spínány pomocí tranzistorů Q1 a Q2, aby nebyly zbytečně zatěžovány výstupy procesoru, tyto diody slouží jako signalizace stavu vozidla.

Stabilizátor 7806 poskytuje stabilizované napětí 6 [V] (naměřeno 6,1 [V]) pro napájení motorů přes obvod U1 (SN754410).

Stabilizátor 7805 poskytuje stabilizované napětí 5 [V] (naměřeno 5,09 [V]) pro napájení čidel a řídicí elektroniky obvodu U1 (SN754410), také slouží jako logická "1" u dvojice přepínačů BT 1+2.

Účinnost a tedy i dobu provozu by bylo možné zvýšit použitím spínaných měničů, jejich zapojení ovšem vyžaduje více součástí, důsledkem čehož by zapojení desky bylo složitější a její rozměry větší. Kapacita baterie postačuje pro funkci po dobu dvou hodin, což je vzhledem k činnosti vozidla doba více než dostatečná a pro účely nabíjení jsou stabilizátory úplně odpojeny, takže jejich účinnost nehraje roli - z tohoto důvodu nebylo použito spínaných měničů.

Přepínání mezi měřením napětí solárního článku a nabíjením baterie je realizováno pomocí elektro-optických relé kaqv214. Je-li na pin4 přivedena logická "1" (5 [V]), protéká oběma relé proud a jsou tedy sepnuta.

Na děliči tvořeném rezistory R7 a R8 se objeví napětí úměrné osvětlení solárního článku, které může být měřeno. V případě, že je napětí článku vyšší než napětí baterie, teče do baterie zároveň proud přes rezistor R6 a sepnuté optorelé U2, vzhledem k hodnotě rezistoru je tento proud ale zanedbatelný a neovlivní znatelně měření.

Je-li na pin4 přivedena logická "0" (0 [V]), neprotéká přes relé proud a jsou tedy rozepnuta. Děličem tvořeným rezistory R7 a R8 neprotéká žádný proud a napětí na něm je tedy nulové. V případě, že je napětí solárního článku vyšší než napětí baterie, dostává se toto napětí přes odpor R6 na gate tranzistoru Q4, což ho otevírá. Přes otevřený tranzistor Q4 tedy protéká proud ze solárního článku do zbytku obvodu, je-li tento proud větší než proudový odběr zbytku obvodu, teče zbývající proud do baterie, kterou tak nabíjí.

Pokud je napětí solárního článku nižší než napětí baterie, dioda D6 zabrání jejímu vybíjení přes solární článek.

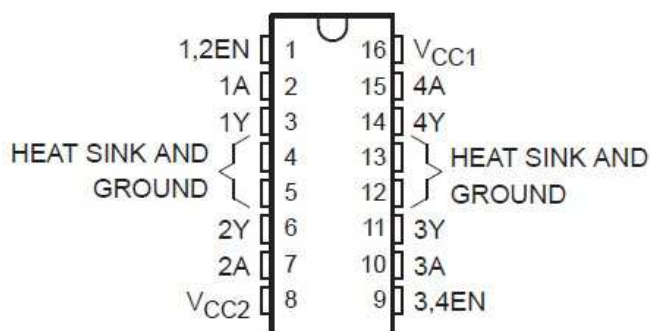
Za normálního chodu jsou elektrooptická relé rozepnuta, neodebírají tedy žádný proud a je-li na článku dostatečné napětí, dodává proud zbytku obvodu. Měření probíhá pouze když napětí baterie poklesne a kybernetické vozidlo vyhledává optimální intenzitu osvětlení. K provedení měření stačí krátký okamžik (je použito čekání 50 [ms] z důvodu ustálení hodnot po sepnutí), takže proud potřebný k sepnutí elektrooptických relé nepředstavuje významnou ztrátu energie.

K volbě různých naprogramovaných módů vozidla je možno využít dvojici přepínačů BT 1+2, která mohou zadat 4 různé kombinace. Funkce těchto přepínačů je prostá, při rozpojení kontaktu se k procesoru dostane přes rezistor napětí 5 [V] ze stabilizátoru napětí, jsou-li kontakty naopak sepnuty, je výstup k procesoru uzemněn.

Obvod spínání motoru SN754410 pracuje jako H můstek a umožňuje ovládání dvou motorů v obou směrech otáčení, případně jejich zastavení.

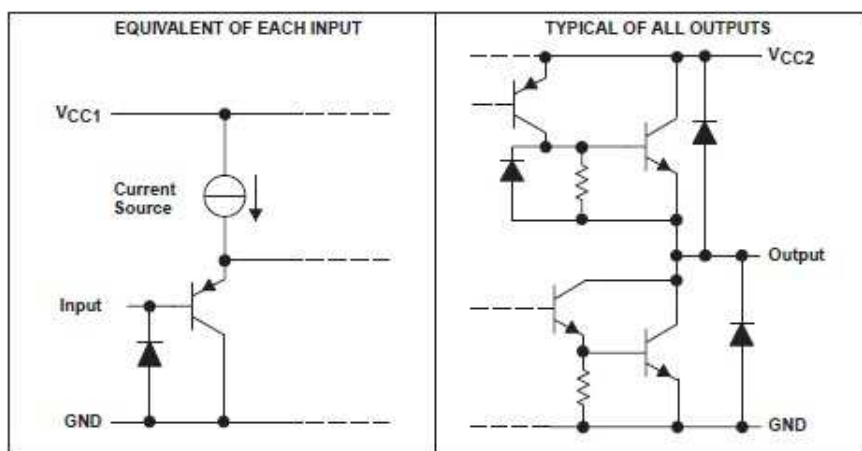
Maximální odběr proudu na jeden motor je 1 [A] a rozsah napětí, které je možno spínat tímto můstkem (V_{CC2}) je 4,5 - 36 [V]. Napájení vstupních obvodů (V_{CC1}) je samostatné v rozsahu 4,5 - 5,5 [V].

Obvod SN754410 má dva různé druhy vstupu. Vstupy označované "EN" se týkají jednoho páru výstupů, lze jimi povolit či zakázat použití daných výstupů. Vstupy označované "A" se týkají jednoho konkrétního výstupu, lze jimi (pokud je daný výstup povolen) nastavit hodnotu na výstupu na napětí blízké 0 [V] nebo napájecímu napětí.



Obr. 5.2 - Pouzdro obvodu SN754410

Vzhledem k použití s motory výrazně nižšího výkonu, než jaké je schopen použitý obvod spínat, nebyly v jeho zapojení použity externí ochranné diody, jaké jsou použity v zapojení uvedeném výrobcem v katalogovém listu. (Ochranné diody jsou ale součástí vnitřního zapojení vstupů i výstupů obvodu.)



Obr. 5.3 - Zapojení vstupů a výstupů obvodu SN754410

Obrázek 5.2 a 5.3 pochází z katalogového listu součástky, který lze najít např. zde:

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn754410.pdf>

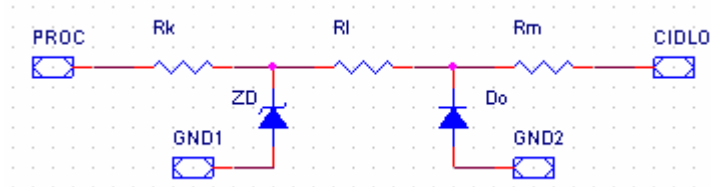
Celkový proudový odběr vozidla je proměnlivý, v závislosti na činnosti vozidla.

Pro některé významné stavy vozidla byl odběr měřen:

Uspaný procesor, odpojeny všechny funkce (min. dosažitelná spotřeba) ... 9,5 [mA]
Minimální spotřeba bez uspaní procesoru 20,2 [mA]
Zapojeny všechny funkce kybernetického vozidla, bez pohybu 210 [mA]
Vozidlo v pohybu (závisí na zatížení motorů) 430 - 550 [mA]

Minimalizace spotřeby desky za účelem nabíjení baterie je realizována pomocí tranzistoru Q3. Je-li na jeho gate z procesoru přivedena logická "1" (5 [V]), tranzistor se stává vodivým a vše pracuje jak je popsáno výše, při přivedení logické "0" (0 [V]) je tranzistor nevodivý a do části desky se stabilizátory 7805, 7806 a obvodem spínání motorů SN754410 neteče proud.

Toto řešení je plně funkční pro minimalizaci spotřeby elektroniky, ovšem dochází k nežádoucímu efektu, se kterým se při teoretickém návrhu nepočítalo - dochází k odepnutí země a obvod spínání motoru i čidla, napájená ze stabilizátorů se tak dostanou na potenciál baterie. Zvýšené napětí na výstupech čidel a vstupech obvodu spínání motorů, by mohlo poškodit vstupy/výstupy procesoru, nebo samotná čidla. Ochrana proti zmíněnému poškození byla na straně čidel realizována pomocí usměrňovacích diod (u obvodu spínání motoru jsou ochranné diody již od výrobce, nebylo je tedy nutné přidat). Ochrana na straně procesoru byla realizována pomocí rezistorů a Zenerových diod, které zaručí, že se na vstup/výstup procesoru nedostane větší napětí, než je dovoleno výrobcem.

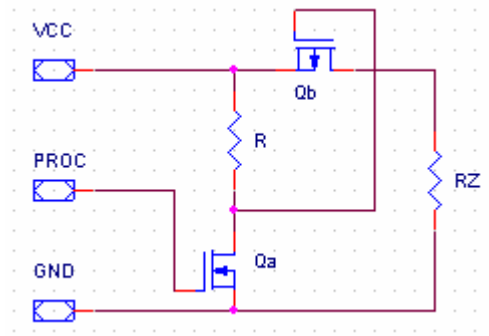


Obr. 5.4 - Schéma obvodu chránícího procesor a čidla

GND1 značí zem, která není odepnutá (záporný pól baterie)

GND2 značí odepínanou zem

Vhodnější způsob minimalizace spotřeby by byl například využitím dvojice tranzistorů kanálu P a N pro odepínání napájecího napětí, toto řešení bohužel nemohlo být použito z časových důvodů - bylo by nutné znovu vyleptat celou desku plošného spoje.



Obr. 5.5 - Spínání napájecího napětí

Zjednodušené schéma na obrázku 11 ukazuje spínání části obvodu pomocí dvojice tranzistorů s P a N kanály. Signálem z procesoru je spínán tranzistor Qa (N kanál), v případě jeho sepnutí se na gate tranzistoru Qb (P kanál) dostane nízké napětí a dojde také k jeho sepnutí, což připojí napájecí napětí k odporu RZ. Je-li tranzistor Qa rozeprt, na gate tranzistoru Qb se dostane napájecí napětí a je tedy také rozeprt, odpor RZ je odpojen od napájení.

Odpor RZ ve schématu zastupuje spínanou část obvodu.

6. PROCESOROVÁ DESKA ARDUINO DUEMILANOVE

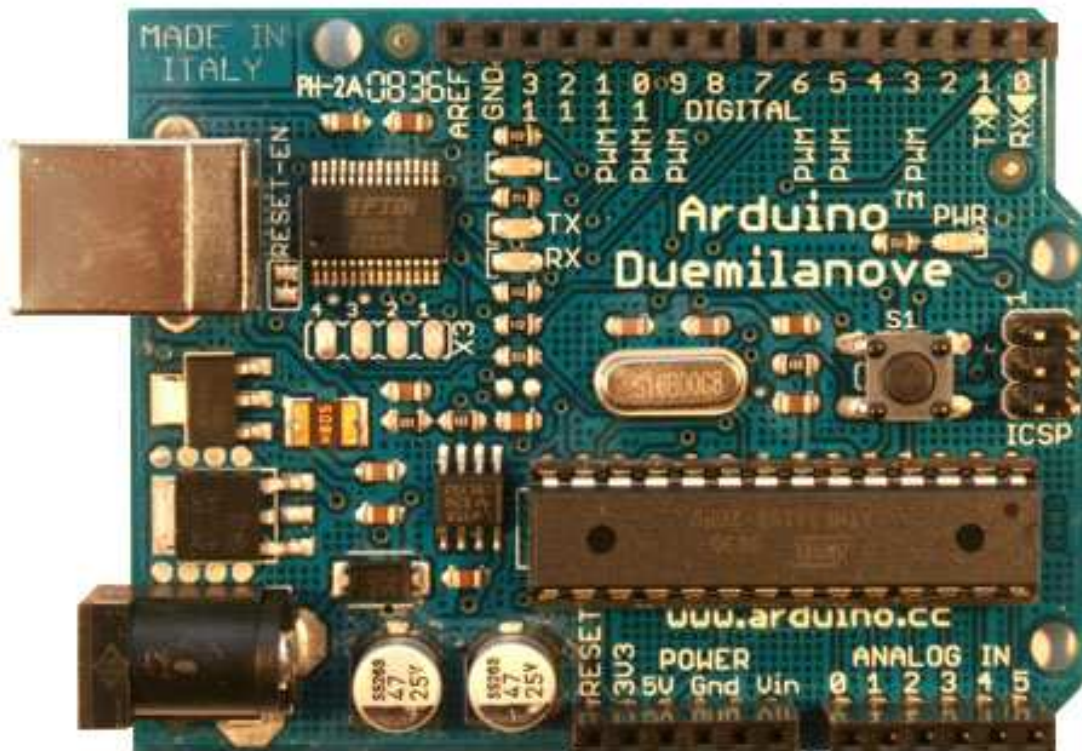
Popis desky

Arduino Duemilanove je deska osazená procesorem ATmega328 pracujícím na frekvenci 16 [MHz], který zajišťuje dostatečný výpočetní výkon k obsluze navržené elektroniky.

Paměť pro uložení programu má velikost 32 kB, z nichž jsou ale 2 kB použity bootloaderem.

Rozsah doporučeného napájecího napětí desky je 7-12 [V], krátkodobě však snese napětí do 20 [V] (při delším provozu při tomto napětí by mohlo docházet k přehřívání napájecích obvodů). Desku je také možné napájet stabilizovaným napětím 5 [V] nebo prostřednictvím USB kabelu.

Proudový odběr desky byl změřen a jeho hodnota činí 19,3 [mA] za běžného provozu, v režimu spánku pak 8,5 [mA].



Obr. 6.1 - deska Arduino Duemilanove

Vstupy, výstupy, komunikace

K programování procesoru na desce je využíván USB kabel, po připojení k PC se Arduino chová jako zařízení na virtuálním COM portu.

Deska je vybavena 14 digitálními vstupy/výstupy, z nich ovšem 2 slouží zároveň jako sériová linka, takže se zachováním sériové linky je možno využít pouze 12 vstupů/výstupů.

Každým ze vstupů/výstupů může protékat proud maximálně 40 [mA].

Vstupy/výstupy 3, 5, 6, 9, 10, a 11 mohou být použity pro pulzně šířkovou modulaci, zatímco 2 a 3 mohou sloužit jako externí zdroj přerušení.

Další výbavou desky je 6 analogových vstupů. Každý z těchto vstupů je desetibitový, takže přivedené napětí se do procesoru dostává jako hodnota v rozmezí 0-1023. Rozsah převodníku je v základním nastavení 5 [V], je ale možné změnit rozsah pomocí vlastní napěťové reference, maximálně však 5 [V].

Analogové vstupy A4 a A5 mohou sloužit také pro komunikaci pomocí standardu I²C.

Zdrojem informací a fotografie desky Arduino Duemilanove na předcházející stránce (Obr. 6.1) jsou stránky výrobce: www.arduino.cc

7. SOLÁRNÍ ČLÁNEK

Teoretický základ

Fotovoltaický jev je proces přeměny energie světelného záření na energii elektrickou. Fotony dopadající na strukturu solárního článku generují páry elektron-díra. Generované elektrony driftují z oblasti P do oblasti N, zatímco díry naopak - v důsledku toho vzniká rozdíl potenciálu, který je možno využít ke konání práce ve vnějším obvodu.

Aby fotovoltaický jev probíhal, je nutné aby energie dopadajících fotonů překročila šířku zakázaného pásu, která je pro křemíkový solární článek přibližně 1,11 [eV]. Je-li energie dopadajícího fotonu nižší než šířka zakázaného pásu, nebude foton absorbován.

Energie dopadajícího fotonu je dána vztahem:

$$E_{\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \quad [eV]$$

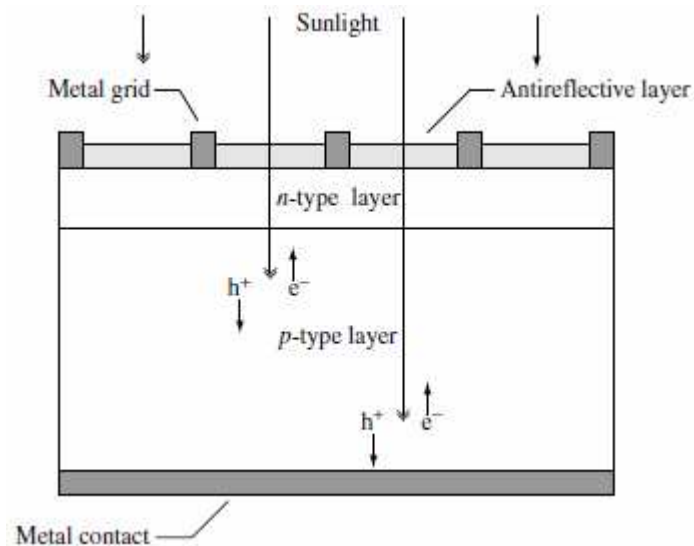
kde h představuje Planckovu konstantu, c rychlost světla a λ vlnovou délku.

Množství elektronů a děr v intrinzickém polovodiči je dáno vztahem:

$$pn = BT^3 \exp\left(\frac{-W_g}{kT}\right)$$

kde p je hustota děr, n hustota elektronů - pro intrinzický polovodič $p = n$
 B je konstanta závislá na pásové struktuře ($1,36 \cdot 10^{45} \text{ [m}^{-6}\text{T}^3]$ pro křemík)
 W_g je šířka zakázaného pásu, T teplota v [K] a k Boltzmanova konstanta.

Pro funkci solárního článku je nezbytné aby v něm došlo k oddělení elektronů a děr, toho je docíleno příměsí donorů a akceptorů za účelem vytvoření PN přechodu, polovodič typu P vzniká přidáním akceptorů, zatímco typ N přidáním donorů.



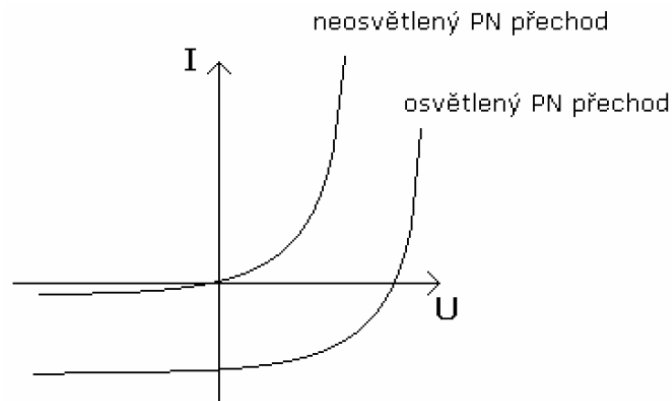
Obr. 7.1 - stavba solárního článku (h^+ označuje díry, e^- elektrony)

Koncentrace donorů (N_D , rovna koncentraci elektronů) a akceptorů (N_A , rovna koncentraci děr) jsou dány vztahy:

$$p = \frac{n_i^2}{N_D} \qquad n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

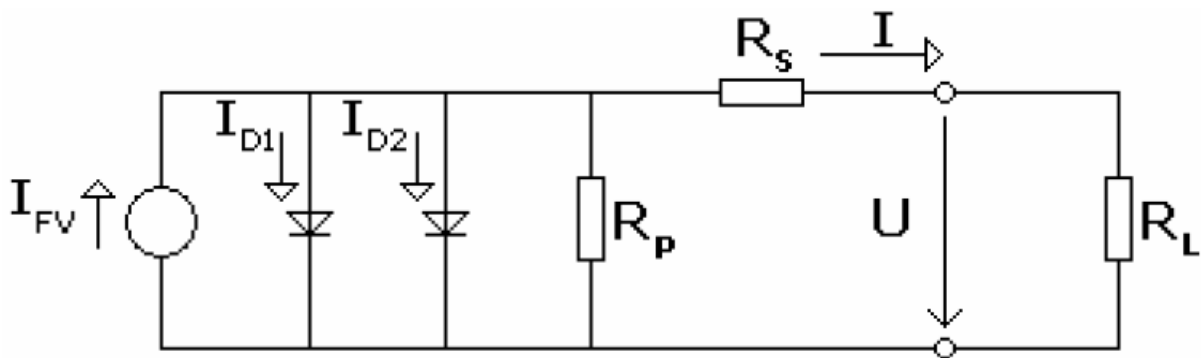
kde n_i je intrinzická koncentrace

Generování proudu článkem



Obr. 7.2 - Charakteristika osvětleného a neosvětleného PN přechodu

Při osvětlení se charakteristika posouvá po svislé ose a ve čtvrtém kvadrantu tak dochází ke změně znaménka proudu - článek se tedy stává zdrojem proudu.

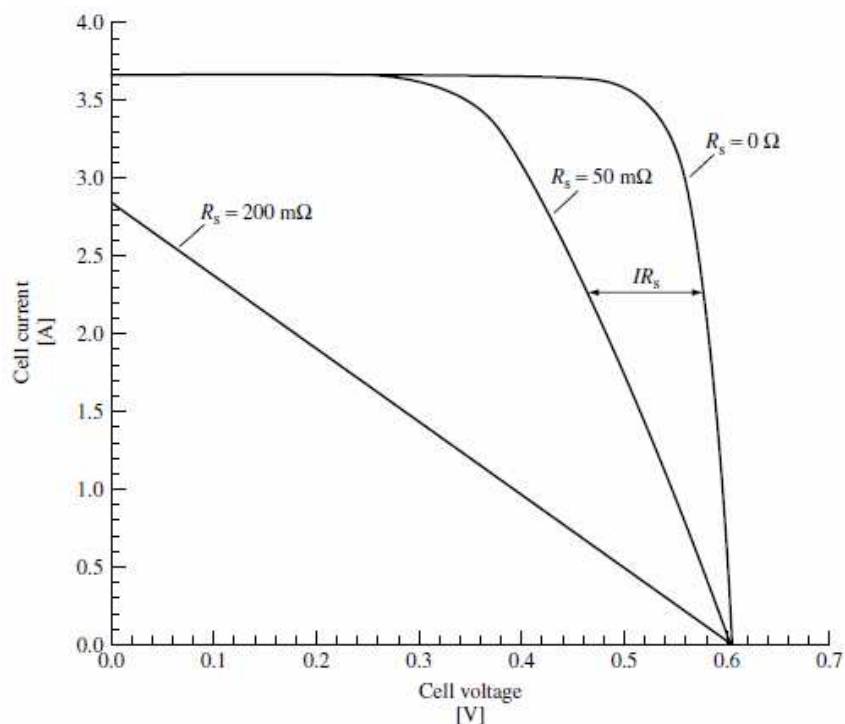


Obr. 7.3 - Náhradní schéma solárního článku

Proud generovaný dopadem fotonů je snížen o závěrné proudy rozptylové složky PN přechodu a generačně-rekombinační části PN přechodu (reprezentovány diodami). Část proudu se ztrácí vlivem paralelního odporu R_P a maximální výstupní proud je dále omezen velikostí sériového odporu R_S . U solárních článků se snažíme docílit co největší hodnoty R_P a minimalizovat odpor R_S .

Proud proudového zdroje I_{FV} je dán plochou článku, konstantou jeho materiálu a konstrukce, a energií dopadajícího záření. Účinnost krystalického solárního článku se pohybuje v rozmezí 14-17%.

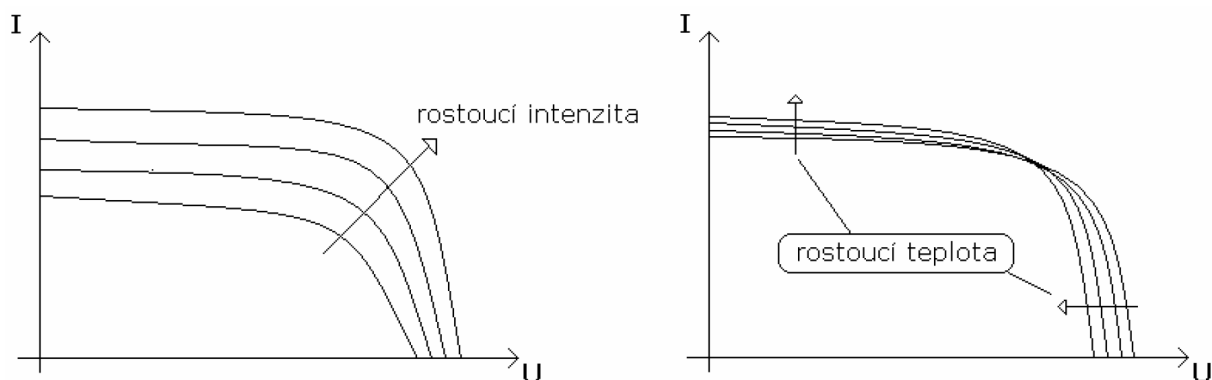
Napětí a proud dodávané solárním článkem jsou pro většinu použití jeho nejdůležitějšími parametry, jejich průběh znázorňuje následující charakteristika.



Obr. 7.4 - VA charakteristika solárního článku

Charakteristika zachycuje kromě ideálního průběhu také vliv sériového odporu článku, který je nežádoucím jevem a u reálného článku je vždy nenulový.

Vliv intenzity osvětlení a teploty článku se na charakteristice výrazně projevuje:



Obr. 7.5 - vliv intenzity osvětlení a teploty na VA charakteristiku článku

Zdroje informací a grafických podkladů pro teoretický základ:

- 1) LUQUE A., HEGEDUS A. (editors). 1st ed. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Wiley, 2003. ISBN 9780471491965
- 2) VÍŠEK, Tomáš. Měření závislosti účinnosti fotovoltaických článků na teplotě a intenzitě záření. Praha: ČVUT 2009. Bakalářská práce, ČVUT, Fakulta elektrotechnická, Katedra teorie obvodů.

Vlastnosti a využití solárních článků v kybernetickém vozidle

Maximální hustota dopadajícího záření na zemský povrch je $1000 \text{ [Wm}^{-2}\text{]}$.

(zdrojem je sever www.solar-elektron.cz)

Vzhledem k minimálnímu odběru vozidla $9,5 \text{ [mA]}$, maximálnímu napětí baterie $12,6 \text{ [V]}$ a účinnosti krystalických solárních článků $14\text{-}17\%$ zmíněné v teoretickém základu, musí být výkon článku větší než $119,7 \text{ [mW]}$, aby bylo teoreticky možné nějakou energii do baterie dostat. Minimální plocha článku by tak činila $8,55 \text{ [cm}^2\text{]}$.

Vzhledem k tomu, že ale nelze počítat s naprosto ideálními podmínkami a také nelze dobíjet baterii po neomezenou dobu, musí být výkon použitého článku výrazně větší.

V kybernetickém vozidle je využita trojice sériově řazených solárních článků, o jmenovité hodnotě napětí 9 [V] , proudu 109 [mA] a ploše $81,25 \text{ [cm}^2\text{]}$. Dále zmiňované vlastnosti a měřené hodnoty se budou týkat celé trojice článků.

Měřením bylo ověřeno, že solární články jsou při přímém kolmém osvětlení slunečním světlem schopny dodat zkratový proud 109 [mA] .

Napětí naprázdno dosáhlo $31,5 \text{ [V]}$, což je vyšší hodnota, než je jmenovitá udávaná výrobcem (pro trojici článků 27 [V]).

Při použití článku spolu s elektronikou k jeho spínání, není článek připojen k baterii přímo, ale přes tranzistor a usměrňovací diodu (Obr. 5.1). Při nabíjení tedy nebude proud dán pouze napětím článku a jeho sériovým odporem.

Proud tekoucí z článku bude místo na napětí článku, záviset na rozdílu mezi napětím článku a baterie, sníženým o úbytek způsobený diodou. Sériový odpor bude zvýšen o hodnotu odporu sepnutého tranzistoru, přívodních vodičů a sériový odpor nabíjené baterie. Přesný výpočet proudu, jaký je článek schopen dodat není možný, vzhledem k neznámým hodnotám odporu baterie, vodičů a sepnutého tranzistoru.

Proud dodávaný do baterie přes elektroniku spínající článek, při osvětlení přímým kolmým slunečním světlem, byl určen měřením. Hodnota proudu do baterie činila 91 [mA] , při přičtení spotřeby desky procesoru a řídicí elektroniky ($9,5 \text{ [mA]}$) tedy článek dodával do obvodu $100,5 \text{ [mA]}$.

Měření bylo provedeno za jmenovitého napětí baterie $11,1 \text{ [V]}$.

Protože není vždy k dispozici přímé sluneční světlo, byl článek měřen i při nižší intenzitě dopadajícího světla - jako zdroj světla byla využita dvojice žárovek o výkonu 40 [W], měření proběhlo dvakrát pro 4 různé vzdálenosti od žárovek.

Vzdálenosti od žárovek činily přibližně 200, 60, 40 a 20 [cm], bráno od první po poslední hodnotu v tabulce. Přesné vzdálenosti prvního a druhého měření se mohly mírně lišit, protože druhé měření proběhlo až následující den (kvůli výměně rezistorů v obvodu) a muselo být znovu sestaveno.

Vzdálenost žárovek mezi sebou byla minimální možná, tedy 10 [cm], aby se chovaly v rámci možností jako jeden zdroj světla. Světlo směřující dozadu bylo odráženo zpět (žárovky vyzařovaly pouze do poloviny prostoru, což zvýšilo jejich efektivitu).

K měření napětí připojeného článku byla použita deska Arduino Duemilanove, pomocí výstupu děliče určeného k měření článku.

K měření proudu a posléze napětí článku naprázdno, při stejné vzdálenosti žárovek, byl použit multimetr s označením UT70.

První měření bylo prováděno s hodnotami rezistorů děliče R7 12 [kΩ] a R8 1,8 [kΩ].

naměřené hodnoty:

č. meř.	U [V]	Up [V]	I [mA]
1	16,5	0,71	0,1
2	25,6	3,47	4
3	26,8	3,61	12,5
4a	27,7	3,77	18,5
4b	-	3,33	18,6

tabulka 1 - měření solárního článku

U napětí článku naprázdno, Up napětí měřené procesorem, I proud článku.

(napětí Up neodpovídá lineárně napětí U, protože je článek při měření zatěžován).

měření č. 4 je rozděleno na 2 hodnoty, hodnota označená 4a je změřena ihned, hodnota 4b po době 30 minut od zapnutí žárovek, kdy se solární článek zahřál vlivem tepla vydávaného blízkými žárovkami (stejně jako by jej mohlo zahřát přímé sluneční světlo).

Z hodnot je patrné, že článek dokáže dodat dostatečný proud i z jiného než přímého slunečního osvětlení. Hodnota napětí u měření 4b ale jasně ukazuje, že při tomto způsobu měření není možné rozlišit, mezi vystavením nízké intenzitě světla a vystavením dostatečné intenzitě světla při zvýšené teplotě článku.

Z důvodu potlačení vlivu teploty byly na desce řídicí elektroniky vyměněny hodnoty odporů R7 z 12 [kΩ] na 560 [Ω] a R8 z 1,8 [kΩ] na 100 [Ω]. Aby solární článek vytvořil úbytek napětí na nižších hodnotách odporu, musí být schopen dodat větší proud protékající odporem - z tohoto důvodu bude napětí U_p mnohem více záviset na schopnosti článku dodat proud, než na jeho napětí na prázdko.

Druhé měření s hodnotami rezistorů děliče R7 560 [Ω] a R8 100 [Ω] :

č. měř.	U [V]	U_p [V]	I [mA]
1	16	0,01	0,1
2	25,3	0,45	3,1
3	27	1,5	13,6
4a	28	2,28	22,5
4b	-	2,18	22,4

tabulka 2 - měření solárního článku po úpravě obvodu

Z nových hodnot je patrné, že napětí měřené procesorem mnohem věrněji sleduje dodávaný proud. Měření č. 4 tentokrát ukázalo výrazně menší vliv teploty.

Teplota již neovlivňuje výsledky natolik, aby nebylo možné určit proud dodávaný do obvodu.

8. ŘÍDÍCÍ SOFTWARE

Vývojové prostředí

Vývojové prostředí použité k naprogramování mikročipu ATmega328 na desce Arduino Duemilanove je volně ke stažení ze stránek výrobce desky, může pracovat pod operačními systémy Windows, Mac OS X a Linux, nese název Arduino 1.0.5

Program je psán v jazyce C, který obsahuje některé speciální příkazy pro ovládání funkcí desky. Příkladem takového příkazu je `digitalWrite(13, HIGH)`; tak jak je zde napsán, tento příkaz nastaví digitální výstup č. 13 do stavu logické "1", neboli 5 [V].

Další příkazy a vysvětlení jejich použití lze najít na stránkách výrobce, nebo přímo ve vývojovém prostředí v menu File/Examples.

Program určený k ovládání kybernetického vozidla přes USB kabel byl napsán v jazyce Java, pod prostředím NetBeans IDE 6.8

Pro úspěšnou komunikaci mezi deskou procesoru a programem jazyka Java na PC je nutné stáhnout a nainstalovat knihovnu `rxtxSerial.dll`, která je nutná ke komunikaci přes virtuální COM port.

Zmíněná knihovna `rxtxSerial.dll` je ke stažení přes stránky výrobce desky Arduino:
www.arduino.cc

Popis funkce programu

Po spuštění desky procesoru jsou nastaveny potřebné hodnoty globálních proměnných, funkce jednotlivých pinů (zda jde o vstup či výstup), hodnoty výstupů, jaký se bude používat druh uspání procesoru, je započata sériová komunikace a je uložena hodnota přepínačů, určených k volbě činnosti vozidla.

Výše zmíněná část kódu proběhne pouze jednou, po spuštění nebo resetování desky procesoru.

Po úvodním nastavení začne běžet hlavní část programu, která se ve smyčce stále opakuje.

Na začátku programu je ověřeno, zda je na baterii dostatečné napětí (minimální hodnota je nastavena na 9,5 [V]). Pokud je baterie vybitá, program vypíše po sériové lince, že je nízké napětí baterie, minimalizuje spotřebu a uspí se na přibližně 5 vteřin. Po probuzení z režimu spánku je změřeno napětí solárního článku a zároveň rozsvícena LED dioda na 50 [ms]. Dodává-li článek dostatečný proud pro nabíjení baterie, problikne zelená LED, v opačném případě červená.

Tato část programu se opakuje, dokud napětí baterie nevystoupá na 11[V] nebo nedojde k vypnutí vozidla člověkem.

Pokud je napětí baterie dostatečné pro provoz, vynechá se první část programu a dojde k volbě módu podle stavu přepínačů, v programu jsou využity 2 různé módy.

První z módů je na straně vozidla relativně jednoduchý, jedná se o mód dálkového ovládání - dle symbolu přijatého po sériové lince je řízen pohyb vozidla. Na straně PC je ovládání naprogramované v Javě, které při stisku šipek na klávesnici vysílá symboly přes USB kabel do desky procesoru.

V případě zvolení prvního módu, se celá část kódu obsahující druhý mód přeskakuje a opakuje se pouze test baterie a zvolený první mód. (obdobně při zvolení druhého módu)

Druhý mód je tou hlavní částí programu a také plní zadání této práce, jedná se o mód samostatného pohybu.

Na začátku tohoto módu je změřeno napětí baterie, je-li nižší než 10[V], jsou přeskočeny ostatní části tohoto módu a přejde se rovnou k části kódu určené pro vyhledávání optimální intenzity osvětlení.

Pokud je napětí baterie dostačující pro provoz a nebyla v předchozím cyklu detekována překážka, vozidlo se rozjede vpřed a bude se opakovat část kódu určená pro detekci překážek.

Detekce probíhá každých 50 [ms] a využívá hned několika způsobů jak rozeznat překážku, část kódu pro detekci také kontroluje stav baterie a pokud napětí poklesne, vozidlo přejde do části kódu pro vyhledání vhodné intenzity světla.

Překážka je detekována když:

- a) Digitální čidlo je ve stavu logická "1"
- b) okamžitá hodnota některého z čidel překročí stanovenou mez
- c) průměr posledních tří hodnot překročí stanovenou mez
- d) rozdíl průměru posledních tří hodnot oproti 4-8 vteřin starému průměru deseti hodnot překročí stanovenou mez

Je-li detekována překážka, program opustí část kódu určenou k detekci překážek a přejde k části zabývající se vyhnutím dané překážce. V této části kódu je na základě hodnot čidel rozhodnuto, jaký druh pohybu je třeba vykonávat. Tato část kódu opět probíhá v cyklu s krokem 75 [ms] a případné změny překážek v okolí jsou brány v potaz. Po rozhodnutí zatočit, je přidána hystereze, což zabraňuje kmitání vozidla ze strany na stranu v situacích, kdy jsou po obou stranách překážky v podobné vzdálenosti, ovšem nezabraňuje změně otáčení v případě, že se vyskytne blízká překážka na straně kam se vozidlo otáčí.

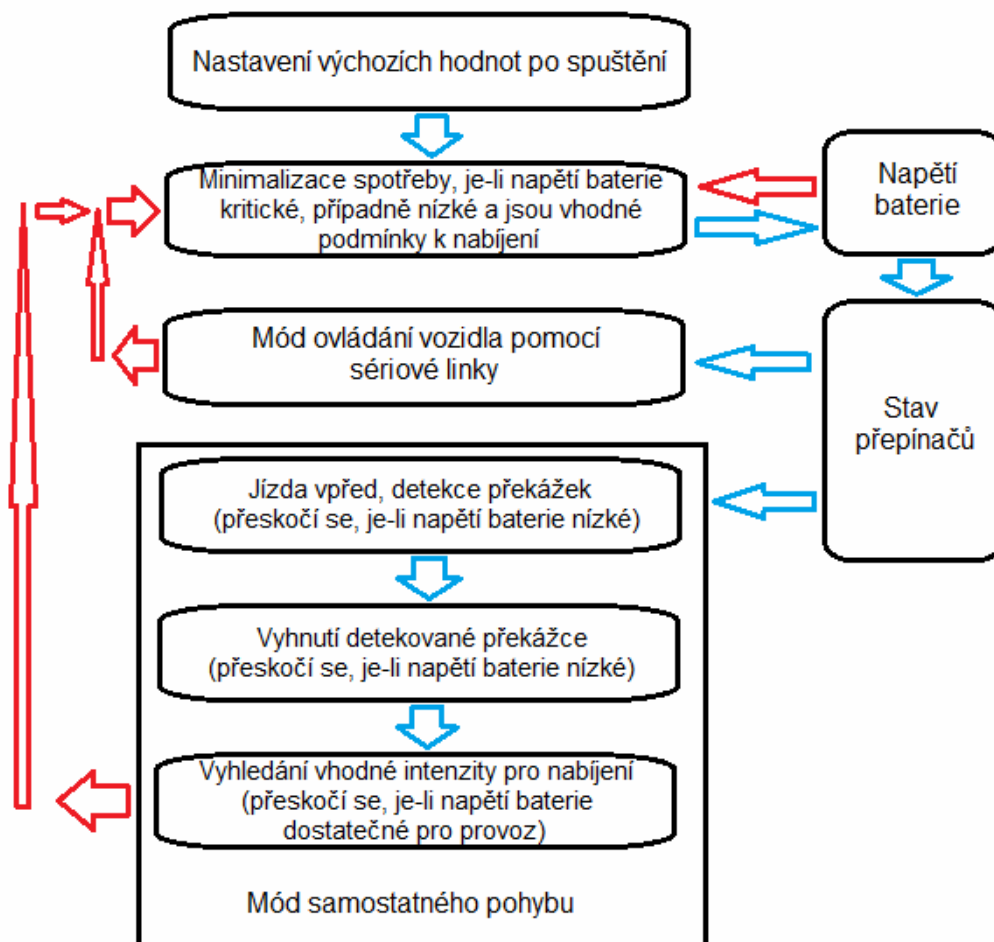
Tato část kódu také kontroluje stav baterie a pokud napětí poklesne, vozidlo přejde do části kódu určené k vyhledání vhodné intenzity světla.

Jakmile dojde k vyhnutí překážce a ta není detekována po následujících 125 [ms], program opustí tuto svou část a přejde zpět k detekci překážek a jízdě vpřed.

Část kódu pro vyhledání vhodné intenzity světla je v podstatě spojením detekce překážky a jejímu vyhnutí, ovšem pro detekci je využíván zjednodušený postup. S každým během cyklu je měřena hodnota napětí solárního článku a jednou za 5 vteřin se robot zastaví, s malým krokem se otáčí kolem své osy a provádí měření napětí solárního článku. Jakmile je nalezena maximální intenzita světla, tak minimalizuje spotřebu a uspí se v případě že je intenzita dostatečná, jinak se otočí proti zdroji světla a vyrazí k němu.

Jakmile je nalezena intenzita světla vhodná k nabíjení baterie, vozidlo minimalizuje svou spotřebu a procesor je uspán.

Pokud napětí baterie poklesne pod 9,4 [V] vozidlo se natočí solárním článkem kolmo k největší intenzitě světla v daném místě, minimalizuje svou spotřebu a uspí se stejně jako v předchozím případě, ale není zaručeno, že bude intenzita světla dostatečná pro nabíjení. (Je-li intenzita dostatečná, problikává jednou za 5 vteřin na dobu 50 [ms] zelená LED dioda, v opačném případě červená.)



Obr. 8.1 - zjednodušené blokové schéma programu

Modré šipky představují běh programu, červené návrat (další běh cyklu)

9. ZÁVĚR, HODNOCENÍ FUNKČNOSTI VOZIDLA

Tato práce je pokračováním projektu I a II pod názvem Kybernetické vozidlo.

Projekt I se zabývá rozbořem problematiky a teoretickým návrhem řídicí elektroniky, v projektu II bylo dále pracováno na řídicí elektronice a dokončena mechanická část vozidla.

V rámci této práce došlo k posledním úpravám schématu řídicí elektroniky a jejímu fyzickému realizování. Na vytvořené řídicí elektronice byla provedena měření a testy praktické funkce teoreticky navrženého obvodu.

Chování obvodu odpovídalo teoretickým předpokladům, s výjimkou možnosti styku vyššího než výrobcem doporučeného napětí se vstupy procesoru. Možnost poškození procesoru byla eliminována přidáním ochranných obvodů mimo desku.

Hodnota rezistorů děliče pro měření byla změněna, aby se lépe kompenzoval vliv teploty a výstupní napětí blíže odpovídalo průběhu proudu dodávaného solárním článkem.

Po zkompletování řídicí elektroniky s mechanickou částí vozidla, byla provedena další měření za účelem ověření vlastností kybernetického vozidla, jako například minimální a maximální proudový odběr.

Posledním krokem k dokončení kybernetického vozidla bylo naprogramování řídicího software. Program byl napsán v upravené verzi jazyka C, obsahující speciální instrukce týkající se hardwaru desky Arduino Duemilanove. K naprogramování byl použit software výrobce desky, nesoucí název Arduino 1.0.5

Vozidlo bylo po svém dokončení testováno na různých typech povrchu (hladká podlaha, koberec ...), také byla testována jeho schopnost překonat drobné překážky (tužka ležící před vozidlem).

Vozidlo z hlediska pohybu uspělo na všech testovaných typech povrchu, avšak bylo zjištěno že koberce a jiné měkké povrchy s velkým třením zpomalují schopnost vozidla otáčet se kolem své osy.

Vozidlo je schopno překonat drobné překážky rozměrů tužky. Z mechanického hlediska by vozidlo mohlo překonat překážku o maximální velikosti prahu dveří, ovšem při nájezdu na překážku této velikosti dojde ke zdvihnutí přední části vozidla a čidlo na spodku vozidla detekuje prázdný prostor pod sebou jako strmý sráz, proto zacouvá zpět namísto překonání překážky.

Detekce předmětu je pro větší předměty, stěny apod. spolehlivá, nedochází ke kolizím. Problém představují úzké nebo malé překážky, které neodrážejí dostatek signálu zpět do čidla. V závislosti na umístění a tvaru takové překážky je možné, že by nebyla čidlem detekována. Příkladem obtížně detekovatelné překážky je úzká kovová noha od židle.

Vyhledávání optimální intenzity světla bylo testováno za použití výkonné svítilny, umístěné ve výšce cca 70 [cm] v jinak temné místnosti. Kybernetické vozidlo bylo ve čtyřech z pěti zkoušek schopno určit směr zdroje světla s odchylkou přibližně 10°. Potíže s určením umístění zdroje světla nastávají, když je zdroj ve větší vzdálenosti a procesor tak naměří téměř nulovou hodnotu napětí na měřícím děliči.

Není-li nalezen zdroj světla a napětí baterie klesne na kritickou hodnotu, vozidlo s minimalizovanou spotřebou bez přísunu energie z článku, vydrží ještě 55 minut, než by začalo hrozit poškození baterie.

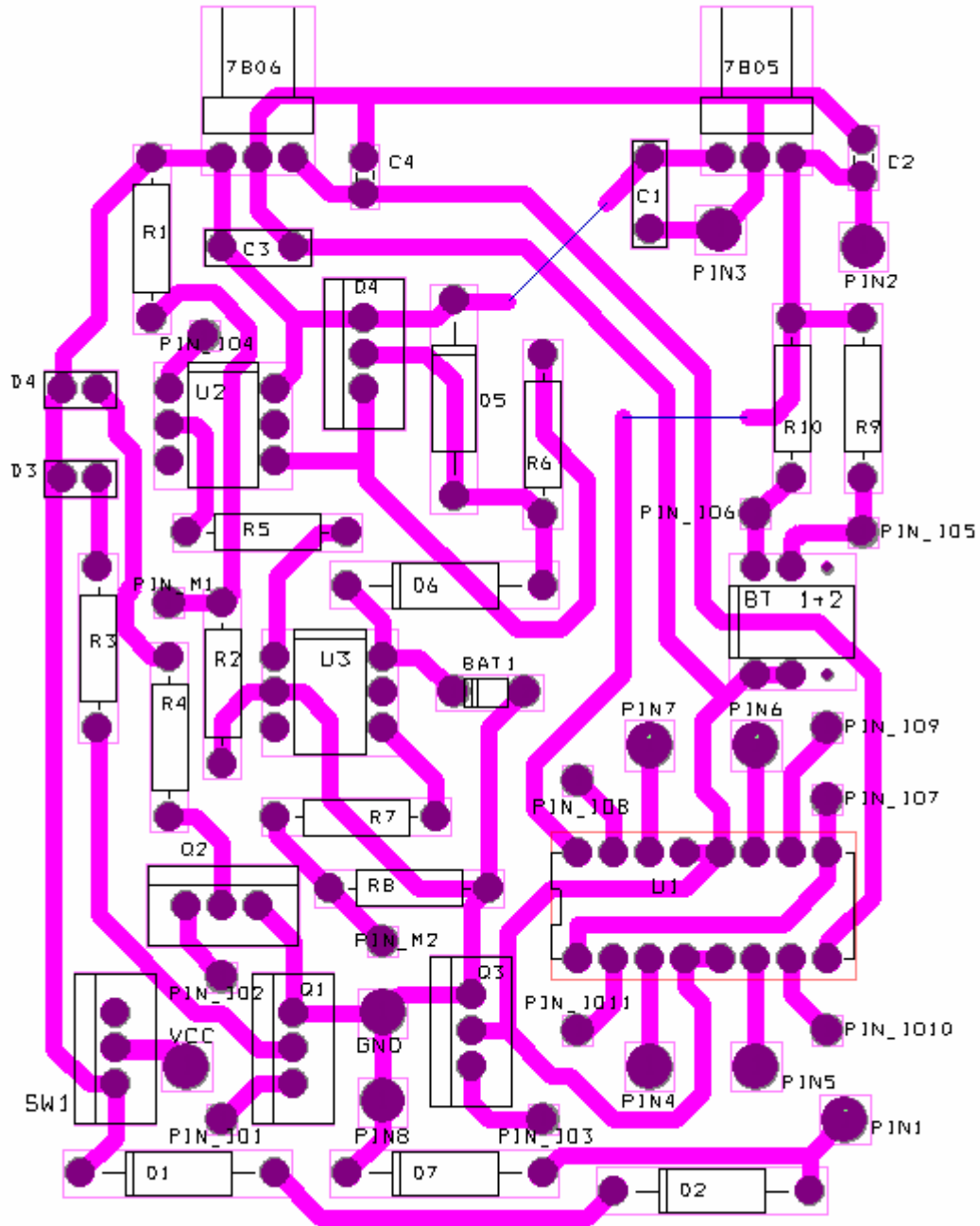
Jako shrnutí se dá říci, že vozidlo je schopno samostatného pohybu v prostoru a rozpoznání překážek, baterie je nabíjena solárním článkem a pro účely nabíjení je vozidlo schopno nalézt optimální intenzitu světla.

REFERENCE

- [1] LUQUE A., HEGEDUS A. (editors).
1st ed. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. Wiley, 2003.
ISBN 9780471491965
- [2] VÍŠEK, Tomáš. Měření závislosti účinnosti fotovoltaických článků na teplotě a intenzitě záření. Praha: ČVUT 2009. Bakalářská práce, ČVUT, Fakulta elektrotechnická, Katedra teorie obvodů. vedoucí práce prof. Ing. Vítězslav Benda, CSc.
- [3] Stránky výrobce desek Arduino [online]. [cit. 2014-01-01].
Dostupné na www.arduino.cc
- [4] Stránky věnované amatérské i profesionální robotice [online]. Martin Dlouhý. [cit. 2014-01-01]. Dostupné na www.robotika.cz
- [5] Katalogové listy použitých součástek:
- čidlo vzdálenosti GP2Y0A21YK, dostupné např. na
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/GP2Y0A21YK.pdf>
- čidlo vzdálenosti GP2Y0D805, dostupné např. na
<http://www.pololu.com/file/0J284/GP2Y0D805Z0F.pdf>
- Obvod spínání motoru SN754410, dostupné např. na
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn754410.pdf>

PŘÍLOHY

Plošný spoj desky s řídicí elektronikou:



poznámka - tenké spoje nepředstavují vodivé cesty, pouze naznačují nutné propojení vodičem