

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA
Institut ekonomiky a systémů řízení

SYSTÉM INTELIGENTNÍHO SYSTÉMU ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ VOZIDLA
Intelligent vehicle lighting control system

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Antonín Hlaváček

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Švub Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra ekonomiky a systémů řízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Antonín Hlaváček**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3902R064 Systémové inženýrství v průmyslu
Téma: **Systém inteligentního řízení osvětlení vozidla
Intelligent Vehicle Lighting Control System**
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Průzkum vhodných metod realizace
3. Popis vybraného řešení
4. Experimentální ověření vybraného řešení
5. Vyhodnocení experimentu
6. Závěr

Rozsah závěrečné práce 35-50 normostran.

Seznam doporučené odborné literatury:

MCRBERTS, Michael. *Beginning Arduino*. Second ed. Berkeley, CA: Apress, 2013. Technology in action series. ISBN 978-1430250166.
VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání první. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-240-4.

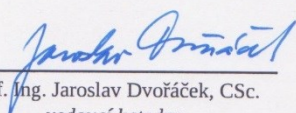
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Švub, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019




prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení autora bakalářské práce

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

29.4.2019

Antonín Hlaváček



ANOTACE

Aplikace nových technologií a elektronických řídicích systémů, zaměřených na bezpečnost, které jsou používány v moderním automobilovém průmyslu, také u důlních strojů případně u starších vozidel. Tomuto tématu je věnována předkládaná bakalářská práce, ve které je řešena konkrétně problematika inteligentního řízení osvětlení vozidla a systému pro dodržování bezpečné vzdálenosti, jejich historie, implantace do praxe a praktické využití. Pro účely této bakalářské práce jsem zkonstruoval funkční experimentální model vozítka a vybavil jsem jej právě elektronickými systémy řízení osvětlení a systémem dodržování bezpečné vzdálenosti. Použité součástky a komponenty včetně technologického a programovacího postupu jsou podrobně v práci popsány. Na tomto funkčním modelu demonstuji, že elektronické řídicí bezpečnostní systémy lze zabudovat do různých zařízení bez nadměrné technologické a finanční náročnosti.

Klíčová slova: řízení osvětlení, bezpečnostní systémy vozidel , řídicí systémy vozidel, Arduino

Application of new technologies and electronic leading systems, considered on safety, which are used in modern car industry are also used in mining machines or older vehicles. This bachelor thesis deals with this topic, in which the issue of intelligent lighting control of the vehicle and the system for keeping the safe distance, their history, implantation into practice and practical use are dealt with specifically. For the purpose of this bachelor thesis, I created a functional experimental model of the vehicle and equipped it with electronic lighting control systems and systems for maintaining a safe distance. Used parts and components, including the technological and programming procedures, are detaily described in the work. On this functional model, I demonstrate , that electronic security control systems can be built into different devices without excessive technological and financial demands.

Key words: cruise control, vehicle safety systems, vehicle control systems, arduino

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu panu Ing. Jiřímu Švubovi, Ph.D. za jeho připomínky, rady a ochotu při vedení této bakalářské práce.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
1 ÚVOD.....	9
1.1 SYSTÉM DODRŽOVÁNÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI.....	11
1.2 ADAPTIVNÍ TEMPOMAT	12
1.3 ŘÍZENÉ DENNÍ SVÍCENÍ	13
2 PRŮZKUM VHODNÝCH METOD REALIZACE.....	14
2.1 VYBRANÉ METODY MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI, RYCHLOSTI A POLOHY	14
2.1.1 RADAR	14
2.1.2 SONAR	18
2.1.3 LIDAR.....	20
2.2 VYBRANÉ METODY ZJIŠTOVÁNÍ INTEZITY SVĚTLA	21
2.2.1 FOTOREZISTOR	21
2.2.2 FOTODIODA.....	24
2.2.3 FOTOTRANZISTOR	27
2.2.4 FOTOTYRISTOR, FOTOTRIAK.....	28
2.3 DALŠÍ POUŽÍVANÉ ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTKY	29
2.3.1 REZISTORY	29
2.4 MIKROKONTROLER.....	30
2.4.1 ARDUINO	30
2.5 VYBRANÁ ŘEŠENÍ EMITOVÁNÍ SVĚTLA.....	38
2.5.1 LED.....	38
2.5.2 ŽÁROVKY	39
2.5.3 VÝBOJKY, ZÁŘIVKY	41
2.6 VYBRANÁ ŘEŠENÍ MĚŘENÍ ZRYCHLENÍ	46
2.6.1 TŘÍOSÝ AKCELEROMETR.....	46
3 POPIS VYBRANÉHO ŘEŠENÍ	47
3.1 ARDUINO UNO	47
3.2 NAPÁJENÍ MODELU A KABELOVÉ ROZVODY	49
3.3 PODVOZEK.....	50
3.4 KAROSERIE.....	51
3.5 SVÍTIVÉ DIODY	53
3.6 ULTRAZVUKOVÝ MĚŘIČ VZDÁLENOSTI SRF05.....	54

3.7	FOTOREZISTOR GL5539	55
3.8	AKCELEROMETR MPU6050	56
3.9	POHON	58
3.9.1	H-můstek	58
3.10	REALIZACE	60
3.10.1	Sériový monitor	64
4	ZÁVĚR	68
5	POUŽITÉ ZDROJE	69
6	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
7	SEZNAM PŘÍLOH	74

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Radar - Radio Detection and Ranging

Sonar - Sound Navigation and Ranging

Lidar - Light Detection and Ranging

GPS - Global Positioning System

PC - Personal Computer

USB - Universal Serial Bus

ADB - Apple Desktop Bus

LCD - Liquid Crystal Display

HDMI - High-definition Multimedia Interface

LED - Light Emitting Diode

PLA - Polylactic Acid

μm - mikrometr

μs - mikrosekunda

Lx - lux

Lm - lumen

1 ÚVOD

Doprava a všechny druhy dopravních prostředků prošly od 18. století bouřlivým vývojem. Je fascinující, kam se lidstvo v tomto odvětví posunulo. Od kočáru taženého koňmi až po dnešní automaticky řízené automobily. A vývoj není zdaleka u konce, stále se objevují inovace a novinky, které vedou k zvyšování efektivity přenosu síly motoru na vozovku, vyšší bezpečnosti a v neposlední řadě také ekologičtějšímu provozu.

Současný řidič může ve svém voze využívat mnoho různých typů elektronických bezpečnostních systémů pro vozidla a stále se vyvíjejí nové. Jedná se o systémy pro prevenci kolizí, pro asistenci při zatáčení, brzdění a parkování či systém varování při vybočení z jízdního pruhu a systém snímání okolí vozidla. Tyto systémy mohou mít na řízení značný vliv, ale existují i takové, které řidič příliš nevnímá (např. zařízení pro zaznamenávání údajů o jízdách vozidla či opatření k prevenci vypáčení zámek u vozidla). [10]

V automobilovém průmyslu a nejen tam, ale v celém průmyslu došlo k rapidnímu nárůstu ve využívání elektroniky a mikroelektroniky a to zejména z důvodů rostoucích požadavků na zvyšování hospodárnosti (vyšší efektivita při současném snižování emisí), bezpečnosti a komfortu. Počet snímačů, senzorů a řídicích jednotek roste, avšak jejich velikost se zmenšuje. Čistě mechanické systémy jsou nahrazovány elektronickými systémy.

Neodmyslitelnou součástí automobilového odvětví je také oblast osvětlení a svícení vozidel od světlometů přes světelnou elektroniku až po světelné prvky aktivních bezpečnostních systémů. Také se stále vylepšují elektronické asistenční systémy automobilů pro monitorování dodržování bezpečné vzdálenosti v provozu nebo různé typy adaptivního tempomatu, který dnes již funguje jako sofistikovaný bezpečnostní systém.

V mé bakalářské práci si blíže představíme právě tyto oblasti, jejich historii a postupný vývoj až do dnešní podoby. Na modelu, který jsem pro tento účel zkonstruoval, budu demonstrovat praktické využití případně další možnosti těchto elektronických systémů a budu se snažit odůvodnit svou domněnku, že tyto systémy mohou být vhodné k instalování do důlní vozové techniky nebo do starších automobilů.

První kapitoly této práce se zabývají teorií o elektronických světelných systémech vozidla. Jsou zde popsány principy některých ovládacích prvků pro efektivní fungování světelných systémů automobilu, které má uživatel k dispozici, se zaměřením na výstražné osvětlení při nouzovém brždění jako významného prvku bezpečnosti v provozu. Dále jsou zde uvedeny informace o používaných senzorech, snímačích a řídicích jednotkách v jednotlivých systémech pro automobily.

V další části se text zaměřuje na praktický popis experimentálního modelu vybaveného některými uvedenými systémy.

1.1 SYSTÉM DODRŽOVÁNÍ BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI

Systém monitorování dodržování bezpečné vzdálenosti mezi vozidly se objevil teprve nedávno s rozvojem moderní elektroniky. Jedná se o inteligentní systém, který pomocí senzoru pro měření vzdálenosti nebo radaru, umístěného v přední části vozidla a měřícího rychlost, určuje vzdálenost nebo rychlost vozidla jedoucího před ním. Řídící jednotka data vyhodnocuje a sekundárně ovlivňuje pohonnou jednotku i brzdový systém, primární řízení však zůstává člověku. Existují systémy, které řidiče pouze upozorní, že se nebezpečně přibližuje k vozidlu před ním a to například varovnou světelnou kontrolkou. V moderních inteligentních autech jsou ovšem instalovány sofistikovanější systémy, které přímo vozidlo zpomalí nebo dokonce zastaví a to zejména díky spolehlivější a výkonnější měřící a řídicí technice, která má velmi malou pravděpodobnost chyby. Tento systém patří mezi důležité aktivní bezpečnostní prvky vozidel a často bývá spojen se systémem nouzového brždění. Systém je též v modifikované formě dobře využitelný v důlní dopravě, například k zajištění udržení vhodné vzdálenosti důlního kombajnu od valníku.

1.2 ADAPTIVNÍ TEMPOMAT

Běžný tempomat se ve vozidle objevil kolem roku 1960 v USA. Jednalo se o jednoduchý systém, kdy řidič si nastavil rychlost a jednoduchá řídicí jednotka ji pomocí podtlakových regulátorů v karburátoru, nebo u modernějších vozidel regulací škrticí klapky, udržovala. V moderních inteligentních vozidlech, která jsou vybavena adaptivním tempomatem, se většinou jedná o příplatkovou a velmi drahou nadstandardní výbavu. Adaptivní tempomat je systém, který pomocí senzoru pro měření vzdálenosti nebo dnes modernějšího radaru, umístěného v přední části vozidla a měřícího rychlost, určuje vzdálenost nebo rychlost vozidla, jedoucího před ním. Dokáže sám upravit rychlost vozidla. V případě zpomalení nebo zrychlení vozidla před ním operativně zpomalí nebo zrychlí vlastní vozidlo do nastavených limitů, dokáže také nouzově brzdit.

1.3 ŘÍZENÉ DENNÍ SVÍCENÍ

V České republice je povinné i denní svícení a to od 1. července 2006 [11]. Je to z důvodu mnohem větší viditelnosti vozidla, tedy jízda s rozsvícenými světly přispívá k bezpečnosti silničního provozu. Nevýhodou však je, že jízda s rozsvícenými obrysovými i tlumenými světly zvyšuje spotřebu pohonných hmot v souvislosti s větší spotřebou elektrické energie a tedy větší zátěží alternátoru. Pojem denní svícení se v Evropě skloňuje v posledních dvou desítkách let právě kvůli úspoře paliva a dopadům na ekologii. Hlavní rozmach přišel díky bouřlivému rozvoji vysoce svítivých diod, které mají nízkou energetickou náročnost. Jedná se o přídatný reflektor, který je v drtivé většině vybaven svítivými diodami a řídicí jednotkou, jež světla spustí po nastartování motoru. Příplatkové systémy mohou být vybaveny mechanismem pro přepnutí denních světel na tlumená. Jedná se o situaci, kdy hlavní reflektory při snížení intenzity světla okolí za stmívání nebo za zhoršené viditelnosti se automaticky aktivují a řidič o této úpravě většinou ani neví.

V experimentálním modelu vozidla právě takový systém popisují. Celá koncepce denního svícení je zanesena v zákoně. Pro starší vozidla, na která si chce majitel takováto světla pořídit, jsou dány přesné parametry na typ a umístění na vozidle. Od roku 2011 je určeno ve stanovách Evropské unie, že každé vyrobené vozidlo po roce 2011 musí být tímto osvětlením vybaveno již z výroby.

2 PRŮZKUM VHODNÝCH METOD REALIZACE

V této kapitole jsou popsány vybrané teoreticky možné a prakticky použité metody realizace.

2.1 VYBRANÉ METODY MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI, RYCHLOSTI A POLOHY

Vzdálenost, rychlost, nebo v některých případech také poloha, jsou proměnné, kterých je potřeba jako vstupních dat pro systémy řízení, jimiž se zabývá tato práce.

2.1.1 RADAR

Rádiové odhalování a určování vzdálenosti, toto je hlavní funkce radaru. Radar ke své činnosti využívá elektromagnetického vlnění, které se šíří prostorem dokud nenarazí na překážku, od které se vlnění odrazí nebo jej překážka pohltí (stealth technologie). Základní princip radaru spočívá v měření času mezi vysláním, odrazem a zachycením odrazu. Existují různé typy radarů. Radar byl efektivně používán již v průběhu druhé světové války k detekci nepřátelských letadel.

Frekvence radaru se volí podle jeho využití a také dle možností technického vybavení, následně přidělí frekvence Radiotelekomunikační úřad, který se řídí Národními kmitočtovými tabulkami. V následné tabulce je ukázka několika pásem a jejich příkladné použití. [1]

Pásmo	Frekvence GHz	Vlnová délka cm	Využití
L	1 - 2	15 - 30	Řízení leteckého provozu
S	2 - 4	7,5 - 15	Řízení leteckého a námořního provozu, mikrovlnná trouba
C	4 - 8	3,75 – 7,5	Satelitní vysílání
X	8 - 12	2,5 – 3,75	Sledování a řízení raket, námořní radary, meteorologie, letecký provoz, radarové mapování
K	12 - 40	0,75 – 2,5	Radarové mapování, satelitní navigace, meteorologie, měření rychlosti, letecký provoz
mm	40 - 300	0,1 - 0,75	Trojrozměrné mapování

Obrázek 1 Kmitočtová tabulka [1]

2.1.1.1 ROZDĚLENÍ RADARŮ

Radary nejčastěji dělíme podle vyzařování rádiových vln.

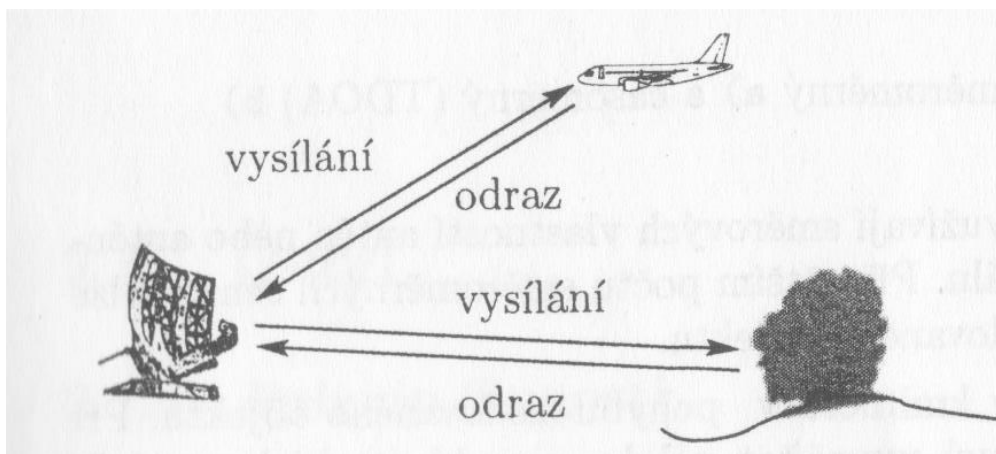
Aktivní radary – elektromagnetické vlnění vyzařují.

Pasivní radary – pouze přijímají elektromagnetické vlnění vyzařované jinými objekty.

2.1.1.2 Aktivní radary

Aktivní radary dále dělíme na primární a sekundární.

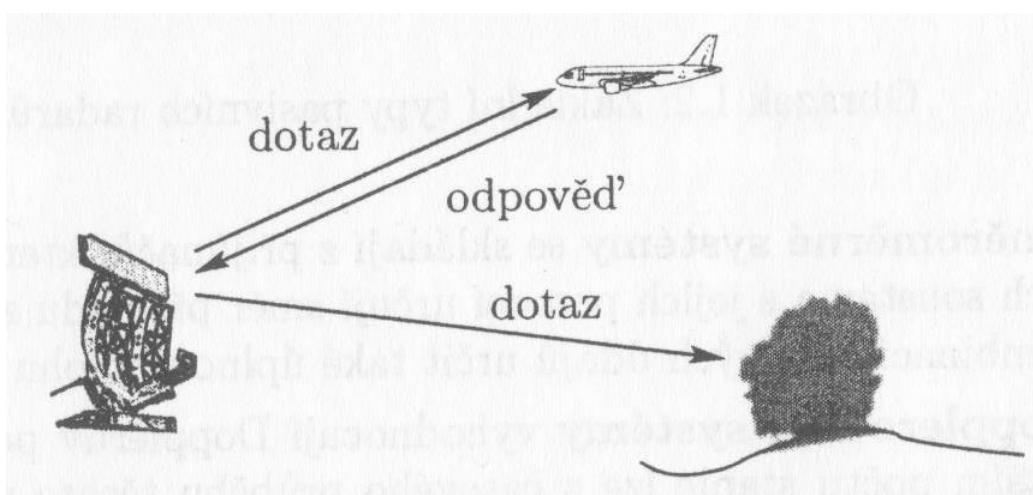
Primární radar – vysílá elektromagnetickou vlnu, která se šíří od antény radaru do okolního prostoru a odráží se od okolních předmětů. Odraženou energii radar přijímá a vyhodnocuje. [1]



Obrázek 2 Princip Aktivního primárního radaru [1]

Tento radar je ze všech typů nejvhodnější k aplikaci ve vozidlech. Vzdálenost objektu se zjišťuje z měření času mezi vysláním, odrazem a zachycením odrazu. To znamená porovnání frekvencí mezi vyslaným a přijímaným tedy odraženým signálem. Ze směrových vlastností a geometrie antény lze zjistit úhlovou polohu objektu.

Sekundární radar – *Generuje a vysílá elektromagnetickou vlnu, ale místo odražené vlny přijímá signál vyslaný odpovídačem umístěným ve sledovaném objektu. Odpovídač zachytí signál vyslaný radarem a s předurčeným zpožděním vyšle odpověď většinou o jiném kmitočtu.* [1]



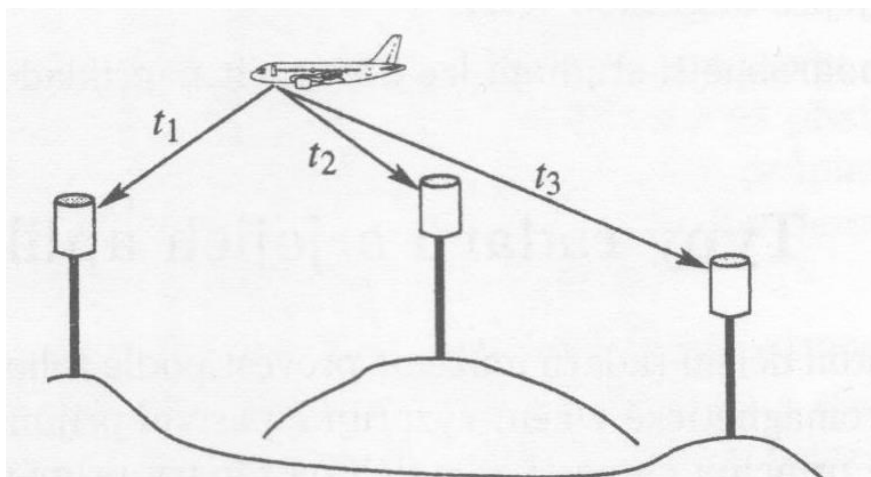
Obrázek 3 Princip Aktivního sekundárního radaru [1]

Zde se vzdálenost cíle určuje ze zpoždění odpovědi vyslané odpovídačem. Tento systém se využívá například k identifikaci letadel či lodí. Podmínkou správné funkčnosti

je, že odpovídač musí vyslaný signál očekávat, tedy pokud se k němu dostane například signál nepřátelský nebo signál o jiné modulaci, nemusí vůbec odpovědět. [1]

2.1.1.3 Pasivní radary

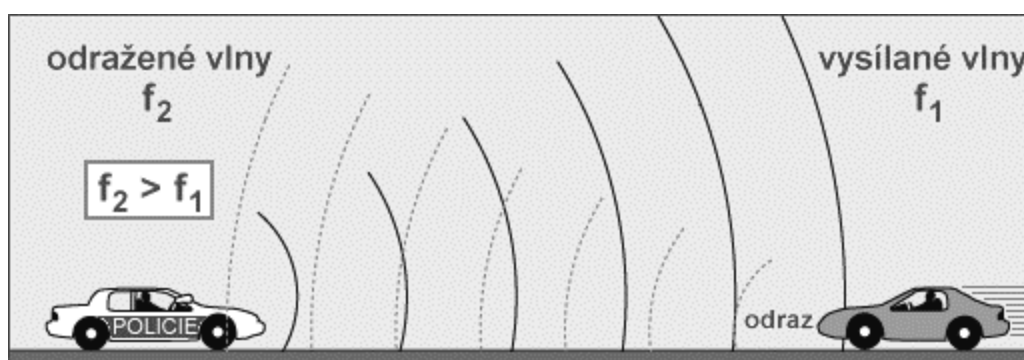
Fungují na principu zachycení signálů, generovaných jinými objekty, kdy generátory jsou většinou umístěny přímo na objektu, nebo zachycují signály odražené a generované mimo objekt.



Obrázek 4 Princip pasivního radaru [1]

U těchto radarů se vzdálenost určuje pomocí tří metod: časosměrné, směrosměrné, dopplerovské.

Dopplerův radar - porovnává frekvence mezi vyslaným a přijímaným tedy odraženým signálem.



Obrázek 5 Měření rychlosti s využitím Dopplerova radaru [8]

Pasivní radary se využívají například k měření rychlosti policejními složkami, dohledání mobilních telefonů, rádiových stanic, nebo při přijímání televizního či rozhlasového signálu, GPS.

Pro určování vzdálenosti či rychlosti vozidel není systém vhodný, protože ve vozidle nebývá umístěn generátor signálů, kdyby tomu tak bylo, bylo by použití pasivního radaru v bezpečnostních systémech vozu velmi vhodné.

2.1.1.4 Radary ve vozidlech

Nejčastěji používanou radarovou technikou ve vozidlech jsou zařízení krátkého dosahu o frekvencích 21,4 – 27 GHz, dle tabulek tedy pásmo K, výjimečně pak 75 - 110 GHz, tedy pásmo W. Vlnové délky se pohybují okolo 10mm. Používají se aktivní radary, dopplerovské radary, nebo různé jejich kombinace. [1]

Tyto radary disponují krátkým dosahem a širokým zorným polem. Dosah je okolo 50m před vozidlo. Ve valné většině případů se využívají radary s planární anténou.



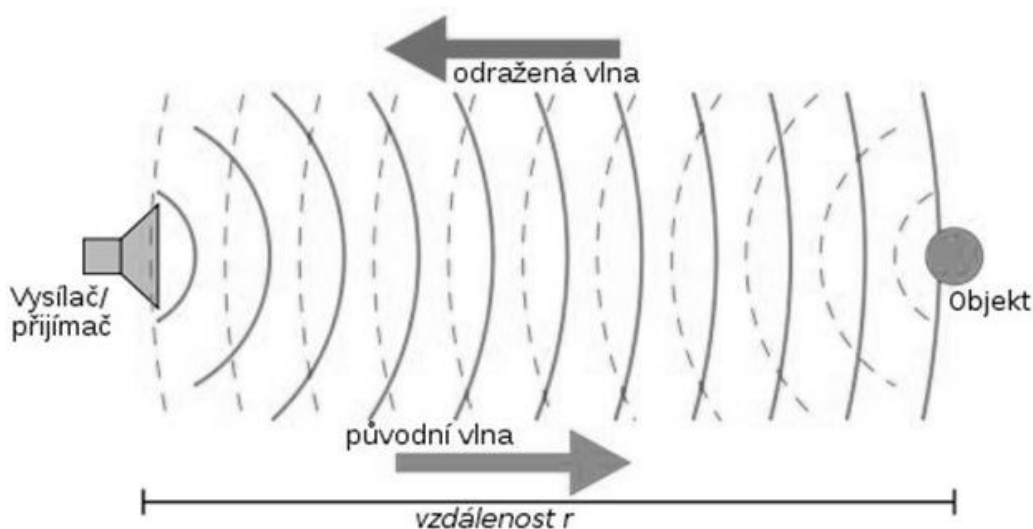
Obrázek 6 Autoradar BOSCH [9]

Radarů bývá ve vozidlech více nebo jsou různě kombinovány z důvodu vyšší spolehlivosti a lepší funkčnosti systému.

2.1.2 SONAR

Zvuková navigace a zjišťování vzdálenosti, toto je hlavní funkce sonaru. Princip Sonaru je stejný jako v případě Radaru, rozdíl je pouze ve vyzařovaném signálu. Sonar využívá zvuk, zvuk se výborně šíří v kapalinách na rozdíl od elektromagnetických vln. První funkční konstrukce sonaru byla k dispozici již před první světovou válkou, ve které

byla také použita. Sonar se vyskytuje také v přírodě, jsou jím vybaveni například netopýři, kteří jej využívají k navigaci, v jejich případě se tomu říká Echolokace. [13]



Obrázek 7 Princip Sonaru [12]

Sonar se opět rozděluje na **aktivní** a **pasivní**.

2.1.2.1 Aktivní sonar

Vysílač vysílá ultrazvukové vlny, ty se odrazí od objektu zpět k přijímači. Technologie se využívá například jako sledovací zařízení v ponorkách.

2.1.2.2 Pasivní sonar

Systém primárně neobsahuje vysílač. Přijímač pouze přijímá zvuky externě generované.

2.1.2.3 Určování vzdálenosti a polohy

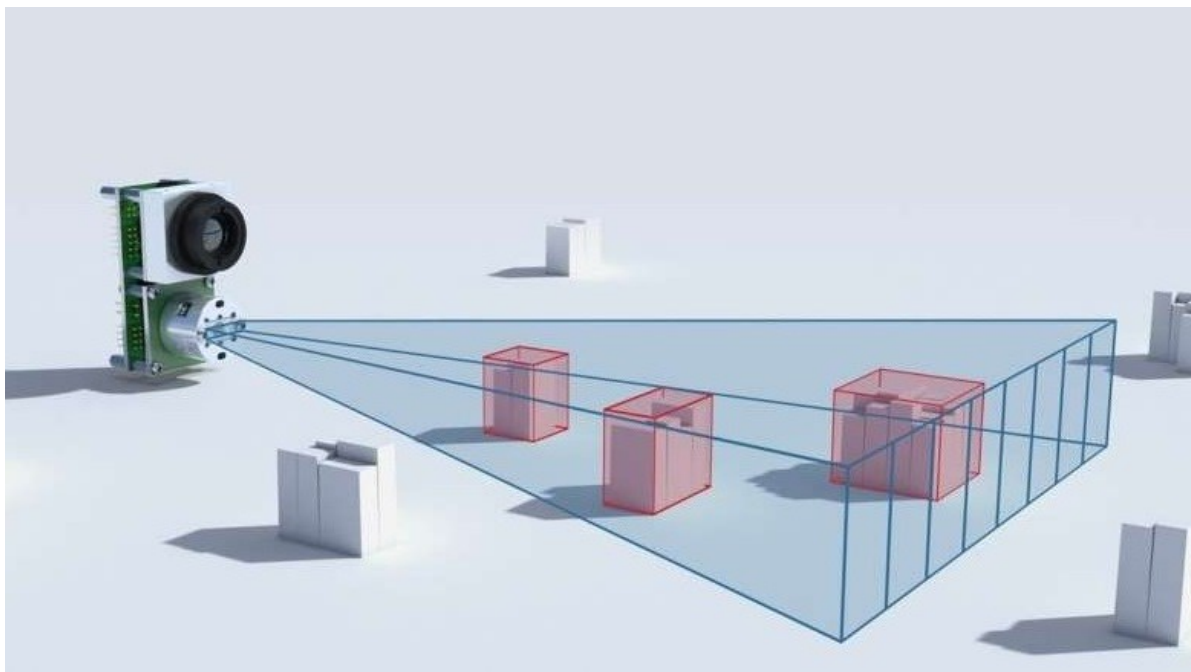
Vzdálenost objektu od sonaru lze dopočítat na základě rychlosti šíření zvuku v daném prostředí, pro příklad v mořské vodě to je 1500 ms^{-1} [14].

Při vhodném rozmístění několika sonarů v různých úhlech je možné relativně přesně zjistit polohu objektu. V době Studené války měly západní mocnosti rozmístěny podél oceánů sonarové stanice, které je nepřetržitě monitorovaly. Tento systém se využíval k zaměření a sledování ponorek v oceánech.

2.1.3 LIDAR

Základní princip lidarů je měření času mezi vysláním, odrazem a zachycením odrazu. Tento koncept je znám již období před Druhou světovou válkou (radar, sonar). V případě lidarů je emitováno světlo ve spektru pro lidské oko neviditelném. Světlo se odrazí i od materiálů, které by byly radarem těžko zachytitelné. Děj se opakuje mnohokrát za sebou nepřetržitě, a tak řídicí jednotka dostává aktuální informace o dění před vozidlem. Díky naměřeným hodnotám lze vytvořit digitální 3D obraz.

Lidar je jedna z hlavních komponent autonomních vozidel, které se již pomalu začínají dostávat do provozu. [9]



Obrázek 8 princip lidarů [9]

Emitor vyšle světelný impuls z laserové diody, světlo se pohybuje, dokud nedosáhne cíle, kde se část světelné energie odrazí zpět k emitoru. Blízko vysílače je umístěn detektor, který identifikuje odražený signál. Časový rozdíl mezi vyzařovaným a přijatým pulsem určuje vzdálenost cíle. [9]



Obrázek 9 obrázek prostředí pomocí LIDARU [9]

2.2 VYBRANÉ METODY ZJIŠTOVÁNÍ INTEZITY SVĚTLA

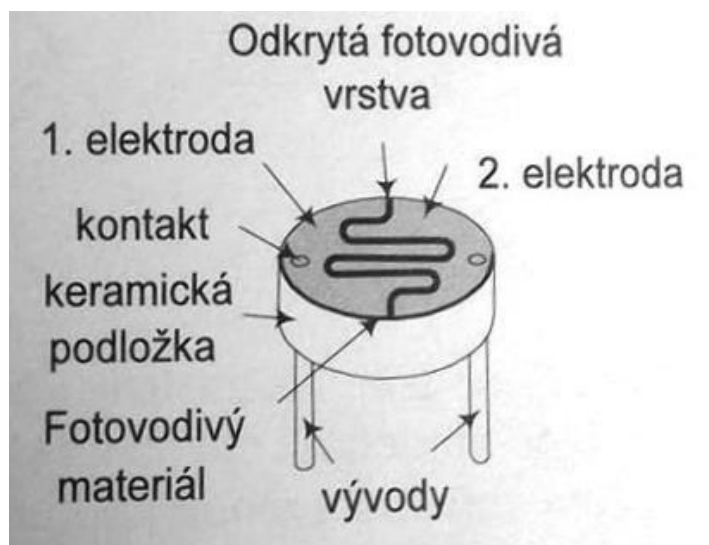
Hodnota intenzity světla je proměnná, které je potřeba jako vstupní data pro některé systémy řízení, jimiž se zabývá tato práce.

2.2.1 FOTOREZISTOR

Jedná se o polovodičový jednobran bez přechodu PN, ve kterém pohlcované záření vyvolá změnu hodnoty elektrické vodivosti vlivem fotoelektrického jevu. Fotorezistory jsou vyráběny z nedotovaného polovodičového materiálu s vlastní vodivostí a mají ideálně velký poměr odporu za tmy k odporu při osvětlení.

Citlivost obecně je vztah mezi intenzitou dopadajícího optického záření a jeho odporem. U fotorezistoru je výstupní signál úměrný velikosti jeho odporu a jeho citlivost je definována jako poměr mezi intenzitou dopadajícího optického záření a jeho odporem. Spektrální citlivost vyjadřuje závislost citlivosti materiálu fotorezistoru na vlnové délce optického záření.

Fotorezistory vyrobené z CdS mají největší citlivost v oblasti vlnových délek viditelného optického záření, což umožňuje jejich aplikaci v mnoha oblastech, např. fotometrie, detekce a ovládání optického záření, elektronické hračky, fotoaparáty. [2]



Obrázek 10 Části fotorezistoru[2]

2.2.1.1 Hlavní vlastnosti fotorezistorů

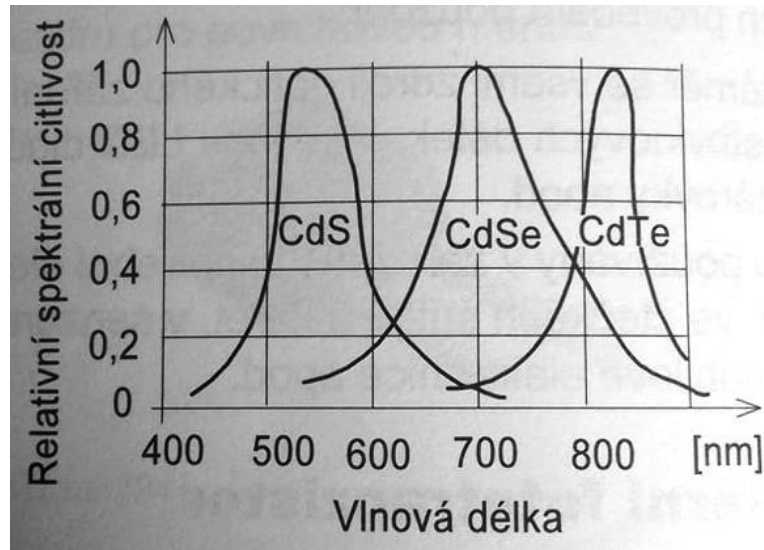
Vztah mezi velikostí odporu R a osvětlením E je nelineární, grafem závislosti je přímka. Velikost odporu s osvětlením klesá. Fotoodpory jsou silně teplotně závislé, při nižších velikostech osvětlení je teplotní závislost větší, stejně jako u vyšších vlnových délek.

Hlavní používané materiály jsou na bázi kadmia (CdS , $CdSe$, $CdTe$), na bázi olova (PbS , $PbSe$, $PbTe$), na bázi india ($InSb$, $InAs$) a dále telur, slitina kadmia, telur a rtuti. Nejčastěji používané jsou CdS , $CdSe$, PbS , $PbSe$.

CdS – citlivost je na vlnové délce 510nm, časová odezva je poměrně velká, cca 100 ms, spektrální charakteristikou se přibližují citlivosti lidského oka, proto jsou nejpoužívanější

$CdSe$ – citlivost je na vlnové délce 690 nm, časová odezva je poměrně velká, cca 10 ms

[2]



Obrázek 11 Spektrální citlivost v závislosti na vlnové délce [2]

2.2.1.2 Důležité parametry fotorezistorů

Odpor fotorezistoru

R_{10lx} velikost odporu při osvětlení 10 lx při teplotě 25°C

R_{100lx} někteří výrobci udávají hodnotu při osvětlení 100 lx

R_{min} odpor za tmy – min. hodnota odporu 5 sec po přerušení osvětlení 10 lx

P_{max} max. ztrátový výkon je nejvyšší přípustné zatížení při teplotě 25°C

U_{max} max. provozní napětí udává výrobce pro teplotu 25°C

[2]

Rychlost odezvy – fotorezistory mají pomalou odezvu na změnu osvětlení, která se mění s jeho intenzitou, při vyšších vlnových délkách a s velikostí osvětlení se odezva zrychluje. Rychlost závisí na použitém materiálu, nejpomalejší je CdS, nejrychlejší InSb.

Doba náběhu je doba od okamžiku osvětlení, po kterou hodnota odporu dosáhne stanovenou velikost.

Doba sestupné hrany je doba od zhasnutí do okamžiku, kdy se velikost odporu fotorezistoru zvýší na předepsanou hodnotu. U fotorezistorů se při změně osvětlení projevuje paměťový jev, kdy si fotorezistor pamatuje hodnotu, kterou měl v době

skladování. Tento jev minimalizujeme, pokud fotorezistor před použitím skladujeme na světle. [2]

Rozsah provozních teplot – např. -20°C až $+70^{\circ}\text{C}$. [2]

2.2.1.3 Provedení fotorezistorů

Fotorezistory jsou vyráběny v mnoha různých provedeních.

Fotovodivé vrstvy je možno vytvářet:

1. metodou tlustých vrstev a sintrací – na podložku je nanesen vodivý materiál, je vysušen a spékán (sintrace) při vysoké teplotě, na povrch fotovodivé vrstvy je nanesen vodivý materiál tvořící elektrody a jsou vytvořeny kontakty, velikost odporu je určena spirálovou vrstvou fotoodporového materiálu mezi kontakty, touto metodou je vyráběna škála různých hodnot fotorezistorů a jejich hromadnou výrobou s dobrou výtěžností zaručuje přijatelnou cenu

2. použitím monokrystalu

3. metodou tenkých vrstev

Vyrobený fotorezistor je uložen do vhodného pouzdra nebo chráněn vrstvou plastu, která nepropouští vlhkost. [2]

2.2.2 FOTODIODA

Jedná se o polovodičový detektor optického záření, jež využívá vlastnosti PN přechodu, nebo také přechod kov-polovodič. Při správném nastavení PN přechodu tak, aby na něj dopadalo světelné záření, je možné diodu využít jako fotocitlivou součástku. [2]

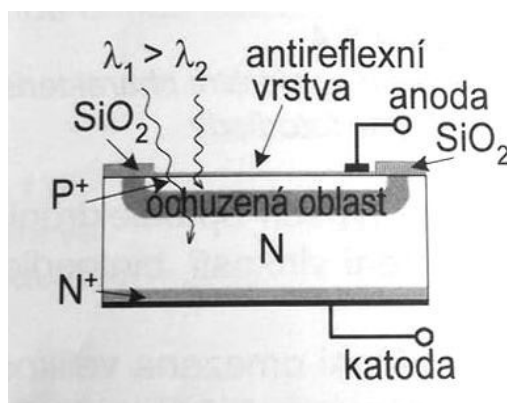


Obrázek 12 Provedení fotodiody[2]

Používané polovodičové materiály jsou křemík (Si), GaliumArsenid (GaAs), AntimonidIndia (InSb), ArdsenidIndia (InAs) a mnoho dalších.

Absorbce světelného záření materiálů – Si 250 nm až 1100 nm, GaAs 800 nm až 2 μm . [2]

Po vytvoření PN přechodu dojde k difuzi děr z P oblasti do N oblasti a elektronů z N oblasti do P oblasti. V okolí PN přechodu vznikne ochuzená oblast a v oblasti přechodu vznikne elektrické napětí, které vytvoří elektrické pole.

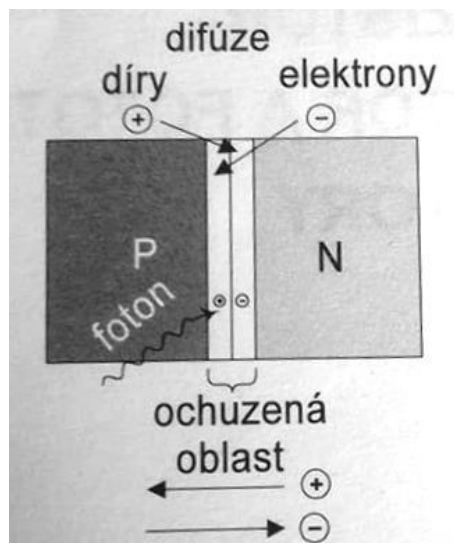


Obrázek 13 Princip fotodiody[2]

2.2.2.1 Princip fotodiody

Polovodičové detektory optického záření ke svému provozu využívají buď vlastnosti PN přechodu nebo přechod kov – polovodič. Pokud na PN přechod dopadá optické záření, lze takto upravenou diodu využít jako fotocitlivou součástku. Nejpoužívanějšími polovodičovými materiály jsou křemík, galium arsenid (GaAs), antimonid india (InSb) nebo arsenid india (InAs). Například křemík absorbuje světelné

záření v rozsahu 250 nm až 1100 nm, GaAs pak 800 nm až 2 μm . Po vytvoření PN přechodu dojde k difuzi děr z oblasti typu P do oblasti typu N a elektronů z oblasti typu N do oblasti typu P. V okolí PN přechodu vznikne úzká tzv. ochuzená oblast a projeví se vznikem vnitřního elektrického napětí, které způsobí vytvoření elektrického pole. Největší intenzita elektrického pole je na PN přechodu, vně ochuzené vrstvy elektrické pole neexistuje. Pokud připojíme k diodě zdroj napětí polarizovaný v závěrném směru, ochuzená vrstva se rozšíří a to má značný význam pro činnost fotodiody. Dokud na polovodičový materiál nedopadá optické záření, dojde k excitaci elektronů v důsledku tepelné energie, po osvětlení získávají elektrony vyšší energii. Když je energie fotonu dostatečná, přechází elektron do vodivostního pásu a zanechá na původním místě díru. Vznikne pár elektron-díra. Optické záření o krátké vlnové délce se absorbuje v tenké povrchové vrstvě diody, jejíž tloušťka je 1 μm a menší, pro větší vlnové délky je polovodičový materiál průhledný. [2]



Obrázek 14 Princip fotodiody[2]

2.2.2.2 Fotovoltaický jev

V okolí PN přechodu působí vnitřní elektrické pole a způsobí, že jsou elektrony a díry vzniklé působením optického záření odděleny tak, že elektrony přejdou do oblasti N a díry do oblasti P. Na každé straně PN přechodu vznikne elektrický náboj detekovatelný na vývodech fotodiody. Tento přesun elektrických nábojů nazýváme vnitřní fotovoltaiický jev. Jinými slovy je to vybuzení páru elektron-díra jako přesun nosičů náboje do oblastí s odpovídajícími typy vodivosti. [2]

2.2.2.3 Uspořádání fotodiody

V horní části fotodiody je průhledná antireflexní vrstva, pak vrstva s vodivostí typu P a oblast s vodivostí typu P. Na čelní ploše diody je kontakt anody, na celou spodní plochu je nanášena kontaktní kovová vrstva katody. [2]

2.2.2.4 Citlivost fotodiody

Citlivost fotodiody na optické záření je poměr výstupního proudu fotodiody a přijímané světelné energie. Např. křemíková fotodioda má největší citlivost v oblasti červeného a infračerveného záření, dokáže ale absorbovat optické záření v celém rozsahu viditelného záření. Dioda je vhodná k využití pro aplikace v různých typech optoelektronických senzorů při nedestruktivní kontrole materiálů, měření vlhkosti, biomedicínských a chemických aplikacích, monitorování znečištění apod. [2]

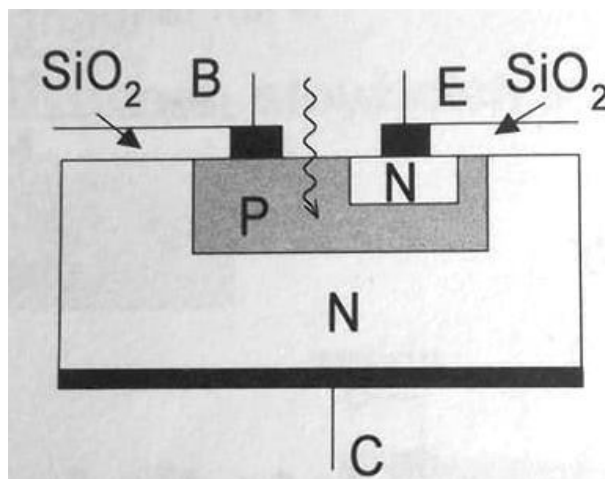
2.2.2.5 Zapojení fotodiody dle činnosti

Odporový (fotovodivostní) režim, kdy se chová jako spotřebič v obvodu napájeném vnějším zdrojem napětí. V tomto režimu je vyšší intenzita elektrického pole z důvodu závěrné polarizace na PN přechodu. Mezi základní vlastnosti tohoto připojení patří rychlá odezva na změnu osvětlení a velký poměrný rozsah výstupního signálu. [2]

Hradlový (fotovoltaický) režim, kdy dodává proud do připojené zátěže, se využívá u solárních baterií, které jsou tvořeny soustavami velkoplošných fotodiód (jejich účinnost je kolem 15%).[2]

2.2.3 FOTOTRANZISTOR

Jedná se o tranzistor, v němž lze řídit průchod nosičů náboje intenzitou dopadajícího optického záření. Je to kombinace fotodiody umístěné v bázi tranzistoru.



Obrázek 15 Princip fototranzistoru[2]

2.2.3.1 Provedení fototranzistoru

častější bez bázevého vývodu a s vyvedenou bází. Jelikož má fototranzistor složitější strukturu než fotodiody, je pomalejší. Doba odezvy je delší než u fotodiody o desítky μs . Nejčastěji používaným materiálem k výrobě je křemík. Realizace zahrnuje tři typická provedení. První je provedení v epoxidovém pouzdru, které je čiré nebo může mít zabarvení tvořící barevný filtr. Průměr pouzdra může být např. 3 mm nebo 5 mm. Druhým provedením je ploché pouzdro, které umožní boční osvětlení fototranzistoru, kdy průhled je vybaven čočkou soustředující paprsky optického záření na čip tranzistoru a zvyšující jeho citlivost. Pouzdro tvoří světelný filtr, který omezuje dopadající spektrum přijímaných světelných paprsků. Pro využití ve spínacích aplikacích, např. v optoelektronických spojovacích členech jsou určeny fototranzistory v Darlingtonově zapojení. Fototranzistory jsou využívány v zařízeních spotřební elektroniky, jako malé bezkontaktní spínače, ve čtečkách štítků a karet, v senzorech polohy, v automobilové elektronice. [2]

2.2.4 FOTOTYRISTOR, FOTOTRIAK

Fototyristor a fototriak jsou vícevrstevné polovodičové spínací součástky, u kterých je sepnutí řízeno světelným signálem při ozáření řídicího přechodu. Výhodou je možnost světelným signálem přímo spínat elektrické zátěže. [2]

2.3 DALŠÍ POUŽÍVANÉ ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTKY

Při konstrukci modelu byly použity i zcela běžné elektronické součástky, pro účely této práce nemá význam je detailně popisovat.

2.3.1 REZISTORY

Rezistory jako nejčtenější součástky elektronických zařízení determinují v mnoha případech spolehlivost celého zapojení.

2.3.1.1 Lineární (ohmické) rezistory

U tohoto typu rezistoru se napětí i proud chovají lineárně a podléhají Ohmovu zákonu ($R=U/I$). Typické lineární rezistory jsou uhlíkové, kovové nebo drátem vinuté rezistory. Uhlíkové rezistory jsou levné, avšak nespolehlivé, používají se ve spotřební elektronice, v telekomunikacích. Rezistory s kovovou vrstvou z CrNi mají nízký teplotní koeficient, vyrábějí se napařováním kovů na keramické tělísko ve vakuu a broušením spirálové drážky a jsou používány v průmyslové elektronice zejména v extrémních klimatických podmínkách. Metaloxidové rezistory se vyrábějí vytvářením oxidových vrstev pomocí redukce ze solí a jsou využívány v obvodech pro přesné a stabilní aplikace. Hmotové rezistory vznikají lisováním z odporové hmoty a spékáním a užívají se ve vysokofrekvenčních aplikacích a měřicích aplikacích. A nakonec drátové odpory vyráběné vinutím odporového vodiče na keramické tělísko a využívané ve výkonové elektronice a ve snímacích rezistorech. [4]

2.3.1.2 Nelineární rezistory

Řadíme sem keramické polovodiče typu NTC termistory, PTC termistory a varistory. NTC termistor z polykrystalické směsi oxidů keramického typu bývá aplikován jako teplotní senzor, stabilizátor napětí. PTC pozistor z ferroelektrické keramiky (např. BaTiO₃) se aplikuje rovněž jako teplotní senzor, termostat, při rozběhu jednofázových motorů, přepětové ochraně. Varistor vyráběný z oxidu zinečnatého (ZnO) je využíván jako stabilizátor napětí, při přepětové ochraně, jako napěťový omezovač. Používají se ve spotřební a průmyslové elektronice, v automobilovém průmyslu, komunikacích, v oblasti topení a klimatizace, v medicíně, ale i v domácnosti jako rychlostní regulátory kuchyňských přístrojů a mixérů, teplotní regulátory a ochrana vysoušečů, myček, praček apod. [4]

2.4 MIKROKONTROLER

Mikrokontrolery jsou hlavním mozkiem celého systému. Řídí veškeré připojené periferie.

2.4.1 ARDUINO

Vývoj prvního arduina započal v roce 2005. Mezi studenty, pro které je zejména určen, se uchytil, proto se italští tvůrci rozhodli poskytnout ho celému světu. Velké rozšíření nezpůsobil prodej desek, ale celosvětové sdílení všech schémat a návodů.

Cílem je zjednodušení výuky programování. Programová část je založena na Processing³, což je knihovna pro jazyk Java s přidáním vlastním editorem. Od roku 2005 vzniklo již množství různých typů Arduina, kromě hlavní linie projektu také mnoho neoficiálních typů, tzv. klonů.

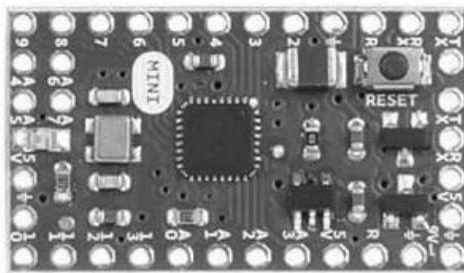


Obrázek 16 Logo společnosti[7]

2.4.1.1 Typy desek

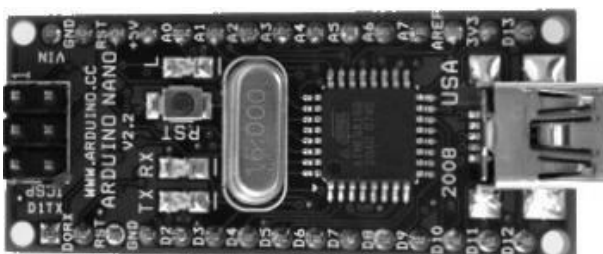
Základem desek je procesor firmy Atmel, který je obklopen dalšími elektronickými komponenty včetně převodníku umožňujícího komunikaci mezi PC (USB) a čipem. Existují i desky, které převodník nemají kvůli úspoře místa, pak je ale zapotřebí použít externí převodník. Anebo je převodník již zabudován v čipu. [7]

Arduino Mini – nejmenší verze, navržená pro úsporu místa, avšak bez USB portu, k programování je nutné použít externí USB-seriál převodník. Je použit procesor ATmega 328 s taktem 16 MHz. Výkon Mini je srovnatelný s většími deskami, má malé rozměry, je proto vhodný k použití v chytrých vypínačích a dálkových ovladačích. [7]



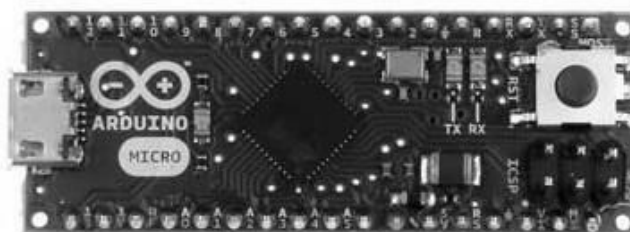
Obrázek 17 Mini [7]

Arduino Nano – výbavou je podobný Mini, avšak má USB a převodník a je celkově o něco větší. [7]



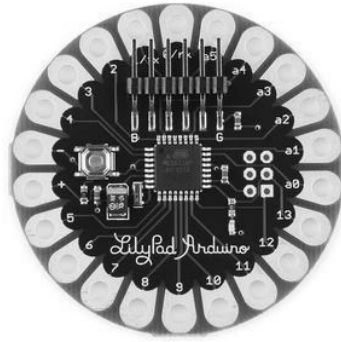
Obrázek 18 Nano [7]

Arduino Micro – má čip ATmega32u4 obsahující převodník. Výhodou je, že může počítači posílat příkazy, jako jsou stisk klávesy či posunutí myši a lze si jednoduše vytvořit vlastní klávesnici nebo herní ovladač. [7]



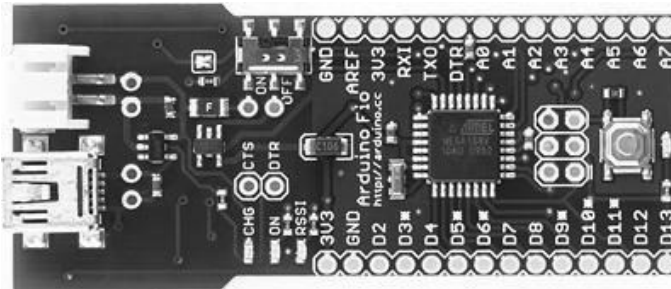
Obrázek 19 Micro [7]

LilyPad Arduino – existuje verze s USB a čipem ATmega32u4 nebo bez USB verze ATmega328 a další. Tato deska je atypického tvaru a je přizpůsobená k použití v různých wearable zařízeních, např. k přišití na oblečení vodivou nití (cyklistická mikina s přišitými blinkry, svítící obleček pro psa). [7]



Obrázek 20 LilyPad[7]

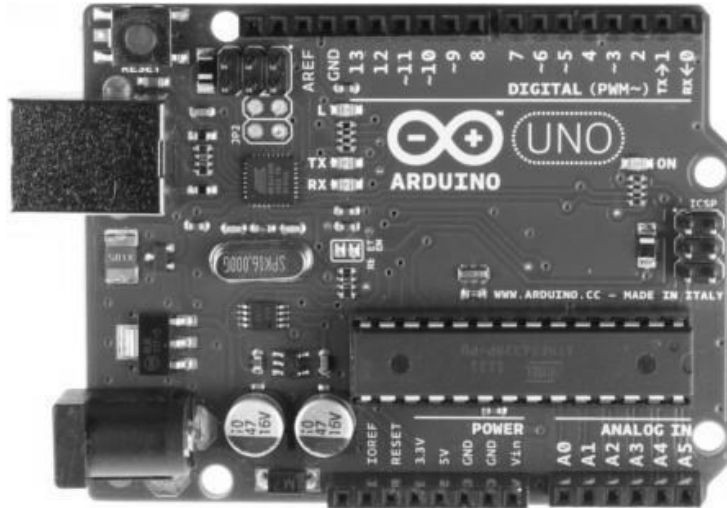
Arduino Fio – vhodné k připojení různých bezdrátových modulů (XBee moduly), proto je zde kvůli kompatibilitě s těmito moduly sníženo napětí v porovnání s jinými moduly z 5 V na 3,3 V. Obsahuje procesor ATmega328P s frekvencí 8 MHz. [7]



Obrázek 21Fio [7]

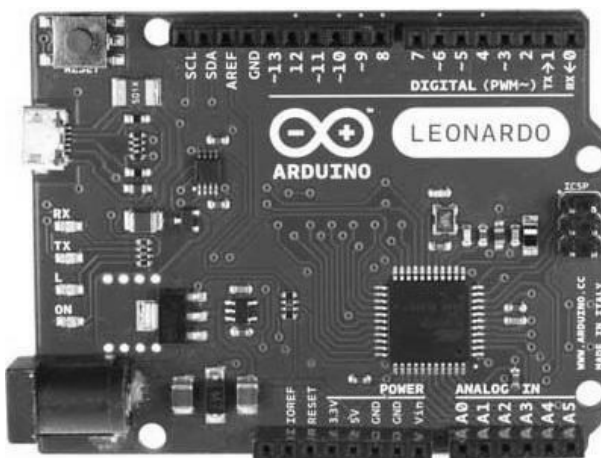
Arduino Uno – nejpoužívanější typ desky s procesorem ATmega328 a s USB. Na linii Uno navazují další dvě speciální desky. První je Arduino Ethernet ve stejné výbavě jako Uno, místo USB portu zde najdeme Ethernet port pro připojení k síti a slot pro microSD karty. Druhá deska je Arduino Bluetooth, kde místo USB najdeme Bluetooth modul pro bezdrátovou komunikaci. Odlehčenou verzi Una představuje Arduino Pro, které postrádá USB port a je nutné programovat externím převodníkem. Je vhodné k zabudování do konkrétní aplikace než k běžnému programování. [7]

Arduino Uno je také použito v experimentálním modelu této práce.



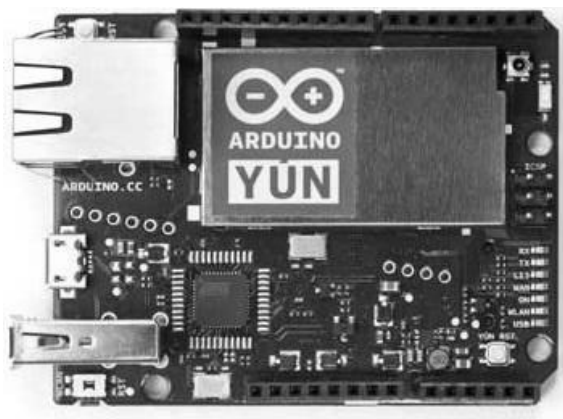
Obrázek 22 Uno [7]

Arduino Leonardo – designově navazuje na Uno, avšak liší se použitým čipem. Je použit ATmega32u4. [7]



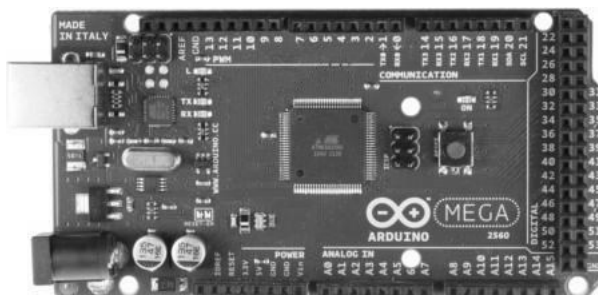
Obrázek 23 Leonardo [7]

Arduino Yún – jedná se o inovační desku, obsahuje kromě čipu ATmega32u4 i čip Atheros AR9331, který je schopný řídit odlehčený operační systém Linux OpenWrt-Yun. Součástí je softwarový bridge (prostředník), který zajišťuje komunikaci mezi oběma čipy. Dále zde najdeme microUSB pro programování čipu ATmega32u4 a normální USB pro potřeby Linuxu a Ethernet port pro připojení k síti. Můžeme mít tedy spojení přímo na webový server, výhodou je také wifi modul přímo na desce. [7]



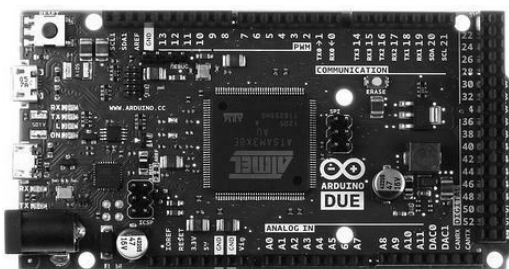
Obrázek 24 Yún [7]

Arduino Mega2560 – jedná se o prodlouženou verzi Arduina Uno, což přináší prostor pro větší a výkonnější čipy a více pinů. Odnoží je Arduino Mega ADK vybavené jedním USB navíc pro připojení zařízení s Androidem přes ADB. [7]



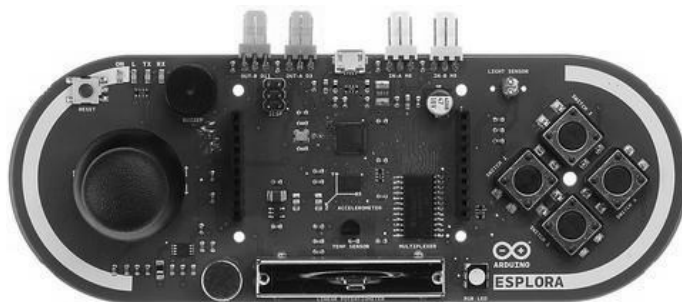
Obrázek 25 Mega2560 [7]

Arduino Due – tento pokračovatel Arduina Mega běží na výkonnějším čipu. Je jím Atmel SAM3X8E s frekvencí 84 MHz a jeho jádro je 32bitové. Deska je vybavena dvěma microUSB konektory, jeden pro programování čipu, druhý pro připojení zařízení typu myš, klávesnice, telefony aj. [7]



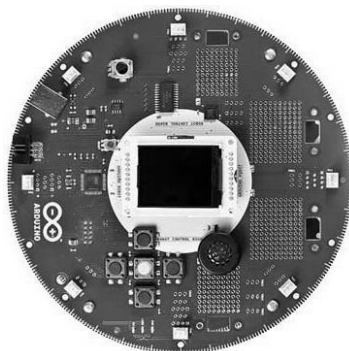
Obrázek 26 Due [7]

Arduino Esplora – jedná se o hybridní desku, která obsahuje procesor ATmega32u4, dále joystick, tlačítka, posuvný potenciometr, piezzo bzučák, teploměr, tříosý akcelerometr nebo piny pro připojení LCD displeje. Dá se z ní vytvořit samostatný herní set nebo vlastní konzole pro ovládání her. [7]



Obrázek 27 Esplora [7]

Arduino Robot – je určen pro vytvoření vlastního chytrého robota, vybaven procesorem ATmega32u4 a kompasem. [7]



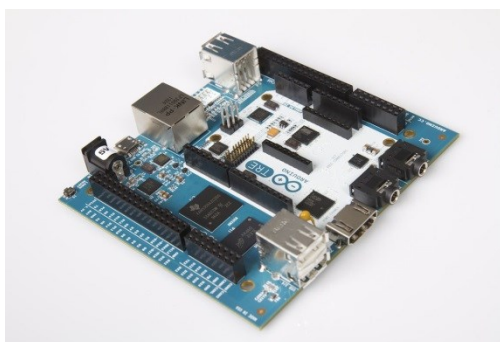
Obrázek 28 Robot [7]

Arduino Intel Galileo – vznikl ve spolupráci se společností Intel, má čip Intel^R Quark SoC X1000, což je 32bitový procesor s frekvencí 400 MHz. Dále obsahuje dvě USB, microSD slot, Ethernet port a mini-PCI Express slot k připojení různých přídatných karet. [7]



Obrázek 29 Intel Galileo [7]

Arduino Tre – Jedná se o nejvýkonnější typ s 1GHz procesorem pro velmi náročné výpočetní aplikace. Na desce je HDMI port, dva audio konektory, USB port pro programování a 4 USB porty pro připojení dalších zařízení k linuxu. [7]



Obrázek 30 Tre [7]

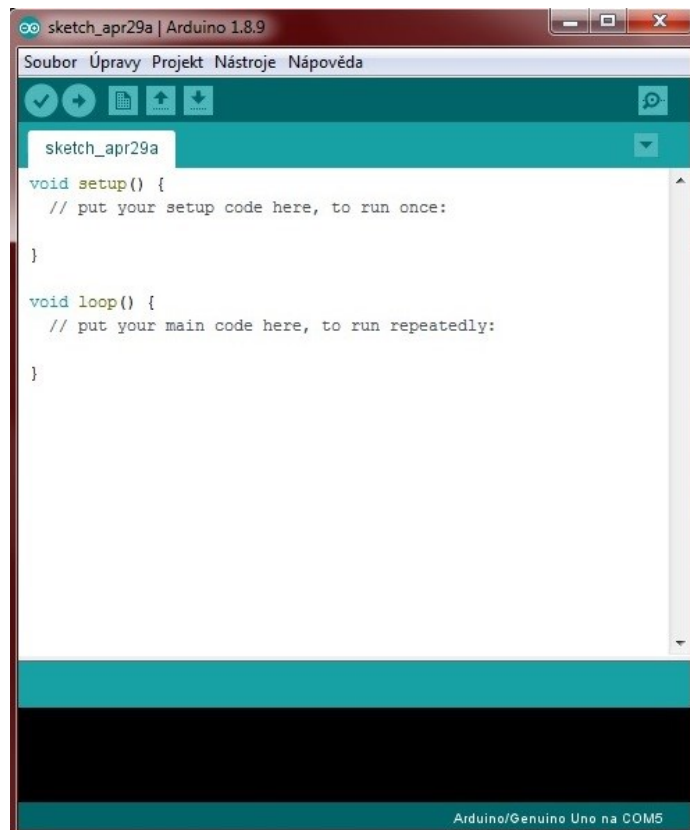
2.4.1.2 Programování

Arduino Ide je software, který vznikl z upraveného výukového prostředí Processing a je psán v jazyce Java.

2.4.1.2.1 Stažení a instalace

Arduino IDE lze oficiálně stáhnout ze dvou zdrojů, jedním je Arduino.cc, dalším Arduino.org. Pro jednotlivé operační systémy je stažení rozděleno, pro Windows je nejlepší stáhnout ZIP archiv, který je po rozbalení plně funkční. Pro Linux a Mac OS se instalace liší. Nyní se budu věnovat použití Arduina v operačním systému Windows. Po stažení ZIP archivu do vybrané složky jej rozbalíme. Obsahuje složku Drivers s ovladači pro komunikaci Arduina s PC, složku Examples s příklady kódů, složku Libraries, kam se ukládají knihovny, které obsahují rozšiřující funkce pro programování.

Na umístění C:\Users\jmeno.uzivatele\Dokuments si založím složku Arduino a v ní složku Libraries. Sem si uložím vytvořené programy a do Libraries přidané knihovny. I když pak přejdu na novější verzi Arduina, programy zde uložené zůstanou stejné. Nakonec spustím vývojové prostředí pomocí souboru arduino.exe, který je součástí staženého balíku. Na prvním řádku navigačních prvků otevřu rozbalovací pobídku Tools, která obsahuje nastavení pro připojení a programování desek. Na dalším řádku je ikona s fajfkou Verify, která po odkliknutí spustí kontrolu programu a zkompiluje kód a zvýrazní chybu, pokud ji nalezne. Vedle se nachází kulatá ikona se šipkou Upload, ta také spustí kontrolu programu a nenalezne-li chyby, nahraje program do připojeného Arduina. Další ikonou je se symbolem přeložené stránky New, která po odkliknutí vytvoří nový soubor. Další ikona se šipkou nahoru Open otevře nabídku otevření programů, ikona se šipkou dolů Save uloží současný program. Ve stejném řádku vpravo je ještě ikona s lupou Serial Monitor, která spustí sériový monitor. Bílý prostor je určen k zápisu kódu, černý prostor dole zobrazuje informační výpisy, výpisy o chybách z běhu prostředí a kompilátoru. [7]



Obrázek 31 Základní programovací okno Arduina IDE[7]

Arduino lze programovat ve dvou jazycích a to C a C++, který je jednodušší a nazývá se Wiring, často dnes je považován za samostatný programovací jazyk zejména pro svou komplexnost.

2.5 VYBRANÁ ŘEŠENÍ EMITOVÁNÍ SVĚTLA

Existuje mnoho světelných zdrojů, tedy emitů světla. Tato kapitola se některými běžně používanými zdroji bude zabývat.

2.5.1 LED

Využívá elektroluminiscence, při které je vyzařováno optické záření. Přiložením napětí v propustném směru dojde k injekci minoritních nosičů elektrického náboje přes PN přechod a tím elektrony přejdou na vyšší energetickou hladinu a dochází k rekombinaci elektronů s děrami. Elektron zůstane na vyšší hladině různou dobu, pak vyšší hladinu opustí, spontánně vyzáří elektromagnetické kvantum, a proto mluvíme o spontánní emisi záření. Při rekombinaci volné elektrony ztrácejí energii a dostávají se na oběžné dráhy v atomech. Rekombinuje-li elektron s dírou, odevzdá atom energii zhruba rovnou šířce zakázaného pásu a uvolní se určité kvantum energie, které může buď vyzářit mimo krystal, nebo být absorbována v mříži, což zvýší teplotu krystalu v závislosti na materiálu. [3]

Vlnová délka energie vyzážené ve formě fotonu je dána rozdílem energií nosiče elektrického náboje před a po rekombinaci (šířce zakázaného pásu). Světelné záření opouští destičku ve všech směrech, které jsou pro něj průhledné. V oblasti středních proudů je svítivost LED přímo úměrná hustotě proudu v polovodiči. [3]

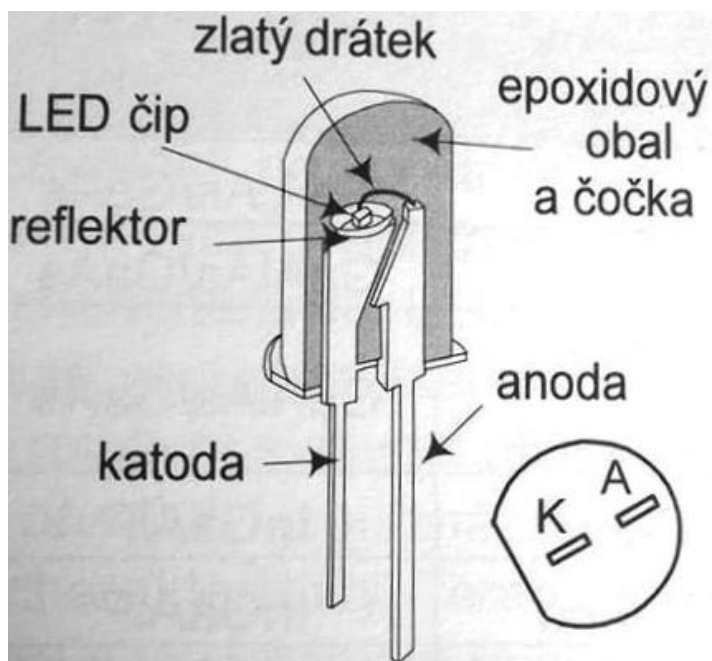
Pravděpodobnost zářivé rekombinace se zvyšuje se zvětšující se šířkou zakázaného pásu. Je-li dioda z GaAs, který má šířku zakázaného pásu 1,34eV, bude značná část energie rekombinace vyzařována ve formě fotonů o vlnové délce v oblasti neviditelného infračerveného záření. Kombinací GaAs s fosforem, tzv. gallium arsenid fosfid, GaAsP, získáme materiál, který při vytvoření PN přechodu vyzařuje červené viditelné záření. [3]

2.5.1.1 Konstrukční uspořádání LED

LED jsou standardně vyráběny ve dvou základních provedeních, klasickém a SMD. Pouzdro diod pro klasickou montáž bývá provedeno z průhledného plastu v určité barvě, má kruhový nebo obdélníkový průřez. Běžně používaná kruhová pouzdra mají průměr 3 mm a 5 mm, typický rozměr obdélníkového pouzdra je 2 mm x 5 mm.

Při klasické montáži je čip diody LED přitmlen ke kovovému vývodu katody, anoda je s vývodem propojena přivařeným zlatým drátkem. [3]

V-A charakteristiky LED - Červená LED má menší napětí U_f než zelená. Bílá barva zahrnuje všechny vlnové délky z viditelného spektra barev, proto u ní neurčujeme vlnovou délku, ale barevnou teplotu v kelvinech. [3]



Obrázek 32 Kounstrukční uspořádání LED[3]

2.5.2 ŽÁROVKY

Základní princip je vlákno zahřáté na tak vysokou teplotu, že svítí viditelným světlem. Vlákno je chráněno před oxidací skleněnou, nebo tavnou křemennou žárovkou (obalem), která je naplněna inertním plynem, nebo vakuem.



Obrázek 33 Běžná žárovka [16]

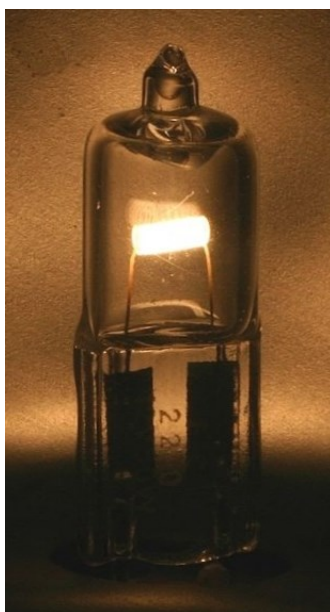
Žárovka je napájena elektrickým proudem přes průchodné svorky nebo vodiče vložené ve skle. Většina žárovek se používá v zásuvce, která poskytuje mechanickou podporu a elektrické připojení.

Žárovky jsou mnohem méně účinné než jiné typy elektrického osvětlení. Přeměňují méně než 5% energie, kterou spotřebují, na viditelné světlo, standardní domácí žárovky pouze kolem 2,2%. Zbývající energie se přemění na teplo. [16]

Světelná účinnost typické žárovky pro 230 V provoz je 19 lumenů na watt ve srovnání s 60 lm / W pro zářivku nebo 150 lm / W pro některé svítivé diody. [16]

2.5.2.1 Halogenová žárovka

V halogenové žárovce je odpařování vláken zpomalováno chemickým procesem, který znovu ukládá páru kovu na vlákno. Tento proces se nazývá Halogenový cyklus. Tím se výrazně zvyšuje její účinnost, svítivost a také se dosahuje delší životnosti. Speciální složení plynů uvnitř baňky žárovky tvoří většinou sloučeniny halových prvků, např. halogenu s jodem. [17]



Obrázek 34 Běžná halogenová žárovka [17]

Baňka žárovky se vyrábí z křemenného skla kvůli vysokým teplotám plynu uvnitř. Křemenné sklo propouští ultrafialové záření, což u osvětlení vozidla nevádí, ale při použití například v domácnostech je to nežádoucí.

Z toho důvodu jsou halogenové žárovky, používané v domácnostech či halách, opatřeny dvojitou baňkou, nebo je do křemenného skla přidáván například oxid cerečitý. Ten UV záření zcela pohltí. V případě dvojitě baňky je UV záření pohlceno běžným typem skla druhé baňky.



Obrázek 35 Halogenová žárovka s dvojitou baňkou v provedení s patičí E27 [17]

2.5.3 VÝBOJKY, ZÁŘIVKY

Výbojku můžeme definovat jako uzavřenou trubici, naplněnou směsí různých par a plynů, podle typu výbojky. Do této trubice jsou zasunuty z vnějšku dvě nebo více elektrod, které umožňují zavedení elektrického proudu do plynové náplně. Hlavním procesem ve výbojce je přeměna elektrické energie na světlo. Vlastní konstrukce tělesa výbojky může být ze skla, korundu a podobných materiálů. Samotné těleso osvětlovací výbojky může být umístěno v baňce, pokryté luminoforem nebo čiré. Baňka je plněna inertní atmosférou, nebo vakuovaná, z důvodu snížení tepelných ztrát. Podle tlaku plynové náplně se výbojky dělí na vysokotlaké (sodíkové, rtuťové, halogenidové) a nízkotlaké (rtuťové, sodíkové). Mezi výbojky řadíme i tzv. obloukové lampy. Rtuťové nízkotlaké výbojky se označují jako známé zářivky.

Kromě výbojek s osvětlovací funkcí existují výbojky s funkcí usměrňovací, které jsou určeny k usměrňování střídavého proudu. Tyto výbojky jsou tvořeny skleněnou baňkou, v případě větších výbojek kovovou komorou, vyplněnou inertním plynem (s případnou příměsí par kovového prvku), ve které je izolovaně instalovaná žhavá katoda a studená anoda. Obě elektrody jsou vyvedeny skrz baňku ven ke kontaktům na patiči.

Katoda je ze silného wolframového drátu (žhavený z pomocného zdroje) pokrytého speciální směsí oxidů alkalických prvků schopných emise elektronů (oxidem barnatým, vápenatým a strontnatým). Anoda je z různých materiálů - z uhlíku, niklu, oceli nebo je tvořena přímo kovovou stěnou výbojky. Usměrňovací výbojka má obdobné chování v elektrickém obvodu jako elektronka – dioda. Umožňuje průchod elektronů pouze ve směru od žhavé katody k anodě a ne naopak. Tyto usměrňovací výbojky se v dřívější době před nástupem výkonových polovodičů často využívaly v průmyslu. Usměrňovací výbojky se pro vyšší napětí plnily zejména čistými parami rtuti, pro nízká napětí pak argonem. Výbojky určené pro velmi malá napětí (používaná např. v nabíječkách autoakumulátorů) byly označovány termínem tungarové lampy. Další speciální výbojky se používají k omezení přepětí, podobným způsobem jako jiskřiště nebo bleskojistka. Principem činnosti je, že při provozním napětí výbojkou proud neprotéká, zápalné napětí výbojky je vyšší. Pokud napětí stoupne nad mez zápalného, začne protékat výbojkou dosti značný proud a napětí se omezí. [18]

2.5.3.1 Barevnost

Každý plyn v závislosti na jeho struktuře atomu emituje určité vlnové délky, které září v různých barevných variantách světla. Jako způsob hodnocení schopnosti světelného zdroje reprodukovat barvy různých objektů, které jsou osvětlené zdroji, Mezinárodní komise pro osvětlování (CIE) představila index podání barev (CRI). Některé typy plynových výbojek mají relativně nízký CRI a to znamená, že se objeví barvy podstatně odlišné, než je tomu na slunci nebo jiných osvětlení s vysokým CRI. [18]

2.5.3.2 Xenonová výbojka

Xenonová výbojka je konstruována na principu klasické výbojky. Baňka výbojky je z taveného křemene a je naplněna inertním plynem, xenonem pod tlakem 8–25 atmosfér. Při provozu tlak v baňce stoupá na 25–75 atmosfér. Obsahuje wolframové elektrody, které jsou zde pevně ukotveny. Zdrojem světla se stává oblouk mezi elektrodami. Zážeh oblouku obstarává impuls vysokého napětí o hodnotě až 60 000 voltů, který pomůže vytvořit ionizovanou cestu. Xenonová výbojka je zdrojem silného světla o velkém světelném toku. Obvyklá provozní poloha v dřívějším období bývala svislá, v současné době je využívána běžně i vodorovná. Při provozu ve svislé poloze je kladná elektroda vždy nahoře, záporná dole a rozměry světelného oblouku jsou relativně malé.

Jako zvláštnost xenonových výbojek se uvádí velmi nízké napětí oblouku a vysoká proudová intenzita. Kromě kulových výbojek se používají i trubicové typy výbojek se středním provozním tlakem kolem 1 atmosféry, někdy extrémně výkonné, kdy výkon dosahuje až stovky kilowattů. Velmi často bývají chlazené vodou, obtékající je v sousedě skleněné trubici. Xenonové výbojky kulového typu obsahují elektrody zčásti chlazené vodou, která jimi protéká. Mají výkon zhruba od 10 kW. Mezi výhody xenonové výbojky patří její dlouhá životnost, kdy vydrží v chodu až několik tisíc provozních hodin. Další velkou předností je teplota chromatičnosti světla 5600–6000 Kelvinů, tedy stejná barva světla jako přirozené světlo. [18]

Využití xenonové výbojky je limitováno vysokým vnitřním přetlakem za provozu s reálnou možností exploze. Používá se zejména tam, kde je možno okolí chránit dostatečně pevnou lampovou skříní. Od 60. let 20. století našla xenonka výrazné uplatnění v kinematografickém průmyslu jako zdroj světla pro promítačky. Postupně úplně vytlačila dřívější obloukové lampy s pohyblivými uhlíky, jež byly náročné na obsluhu a poskytovaly podstatně horší kvalitu obrazu. Při běžném provozu kin, nikoli však u nepřetržitě fungujících multiplexů, má xenonka životnost několik let. Problém může nastat při výměně, jelikož je nutno dbát přísných bezpečnostních opatření kvůli vysokému riziku hrozícího výbuchu při nevhodné manipulaci právě z důvodu velkého přetlaku baňky výbojky. Oděv promítačů v kinech se ve své době podobal spíše oděvu pyrotechniků. Xenonové výbojky jsou využívány také pro vědecké účely, kdy se pro obohacení spektra kombinuje xenon se rtutí. Nezanedbatelné je rovněž využití v automobilovém průmyslu, kdy xenonová světla nahradila halogenové žárovky. Mezi výhody xenonů patří, že svítí mnohem silněji za stejné spotřeby energie, takže výbojky mohou být menší a energeticky úspornější, aby svítily stejně dobře. Jsou ale také podstatně dražší, jak zjistíme v kterémkoli katalogu nových aut. [18]

2.5.3.3 Rtuťová výbojka

V tomto druhu výbojek vzniká světlo při rtuťovém výboji, kdy tlak převyšuje 100 kPa. Hořák je vyroben z křemenného skla, ve kterém jsou zataveny dvě hlavní wolframové elektrody a většinou jedna pomocná elektroda, která je připojena PTC termistor, jehož odpor stoupá s teplotou. Vnější baňka je vyrobena ze sodno-vápenatého nebo borito-křemičitého skla, na kterém je nanesen luminofor.

Sklo zároveň pohlcuje zbytkové UV záření. Do série s výbojkou je zapojena přiměřeně dimenzovaná tlumivka. Tento druh výbojek nepotřebuje k zapálení vysokonapěťový zapalovač, protože má v sobě pomocnou elektrodu, umožňující start. Po zapnutí se nejprve vytvoří výboj mezi jednou hlavní a pomocnou elektrodou. Tento výboj ionizuje prostředí hořáku, až dojde k zapálení výboje mezi hlavními elektrodami. Speciálním typem rtuťových výbojek jsou směšové výbojky. V baňce výbojky je umístěno wolframové vlákno, které je sériově spojeno s hořákem. Toto vlákno doplňuje spektrum rtuťové výbojky zejména v červené oblasti, navíc nahrazuje funkci tlumivky. Výhodou je rychlý náběh do plného výkonu a možnost nahrazení žárovek větších výkonů těmito výbojkami bez nutnosti použití předřadníku. [18]

Výhody rtuťové výbojky jsou nízké pořizovací náklady, není potřeba elektrického zapalovače. Barva světla záleží na luminoforu, jedná se o studenou bílou. Rtuťové výbojky jsou kvůli vysokému obsahu rtuti postupně rušeny a nahrazovány metalhalogenidovým osvětlením, nebo LED osvětlením. [18]

2.5.3.4 Sodíková výbojka

V těchto výbojkách vzniká světlo výbojem v atmosféře sodíku, argonu, xenonu a rtuti. Hlavní částí vysokotlaké sodíkové výbojky je hořák z korundu (oxid hlinitý). Na obou koncích je uzavřen připájenými proudovými průchodkami. V hořáku jsou dvě wolframové aktivované elektrody, mezi nimiž hoří výboj. Hořák je vyčerpán na vysoké vakuum a naplněn netečnými plyny argon, xenon a sodíkem a rtutí, které se vnášejí společně v podobě amalgánu. Celý hořák je upevněn na nosný systém a umístěn do vyprázdněné vnější baňky. Vysokotlaké sodíkové výbojky odstraňují některé nedostatky nízkotlakých sodíkovek, zejména pokud jde o barevné vlastnosti - barva jejich světla je zlatobílá, teplota chromatičnosti až 2900 K. Zvýšením tlaku sodíkových par se dosahuje měrného výkonu 80 až 140 lm/W. Při rostoucím tlaku dochází k absorpci nevhodného žlutého rezonančního záření a naopak k rozšíření spektrálních čar a tím ke vzniku silného spojitého spektra. Trubice hořáku dosahuje při provozu teploty až 1200°C a v místě spoje proudové průchodky až 800°C. U prvních výbojek SHC byli proudové průchodky z niobu. Ten vyhovoval svou chemickou odolností, součinitelem teplotní roztažnosti, vysokým bodem tání a tažností. Při startu se k výbojce přivádí vysokonapěťové impulsy z elektronického zapalovacího zařízení, připojeného za tlumivku paralelně k výbojce.

Po zážehu výbojky je automaticky funkce zapalovače přerušena. Jako u téměř každého výbojového zdroje světla je nutno proud v obvodu omezovat tlumivkou. Výsledný induktivní charakter obvodu musí být kompenzován vhodným kondenzátorem, připojeným paralelně k síti. Rozhořívání výbojek po startu trvá cca 10 minut, obvod přitom odebírá až o 25% větší proud při současně zmenšeném obloukovém napětí. Po rozhoření stoupne teplota hořáku na potřebnou pracovní teplotu a parametry se ustálí na provozních hodnotách. Znovuzápal výbojky po vypnutí je možný po částečném ochlazení hořáku, což trvá okolo 1,5 minuty. Dvojitý hořák u SHCD má výhodu ve zrychlení znovuzápalu a prodloužení životnosti. Vysokotlaké sodíkové výbojky jsou rovněž citlivé na přesné parametry tlumivek, odpovídající konstrukčně jmenovitému napájecímu napětí. Při odchylkách, způsobujících zvětšení napětí oblouku hrozí rovněž nestabilita, projevující se cyklováním a zkrácením životnosti výbojek. Tento druh výbojek se stále využívá zejména kvůli velké světelné účinnosti (až 200 lm/W). [18]

První sodíková výbojka s označením SVC - později SHC 250W se objevila někdy v polovině 70. let, měla niobové koncovky korundového hořáku. Experimentovalo se také s tzv. monokrystaly, kdy byl hořák z jednoho kusu korundu. Niobové sodíkovky měly wattáž 250 a 400W, až později se začali vyrábět další wattáže 70W, 150W a v 90. letech i 100W. Čiré výbojky mají označení SHC. V osmdesátých letech se začaly vyrábět také sodíkové výbojky pokryté luminoforem, resp. vrstvou oxidu křemičitého. Pokryté výbojky nesou označení SHL. Kromě těchto běžných typů existují i další, víceméně experimentální kousky, jako např. SHRP - polo pokrytá baňka, SHCD - se dvěma hořáky. Samotný hořák sodíkových výbojek obsahuje sodík, rtuť (jako amalgám), argon a dále se přidával neon či xenon. [18]

Mezi výhody sodíkové výbojky patří vysoká účinnost (nejvyšší z výbojek), stálá barevnost světla, toto světlo má oranžovou barvu, což někdy může být nevýhodné. [18]

Sodíkové výbojky postupně nahrazovaly rtuťové výbojky v 80. a 90. letech, i když první typy SHC jsou známé již od 70. let. Dodnes osvětlují ulice většiny měst a vesnic, nicméně historicky značku Tesla postupně nahrazují jiné značky. [18]

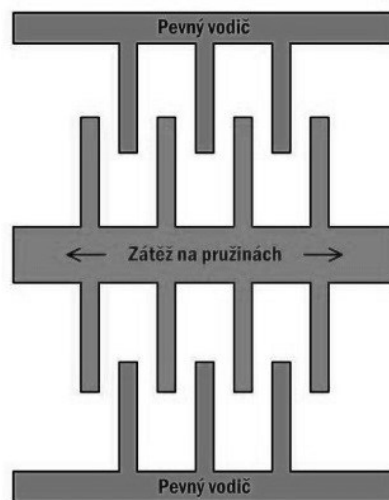
2.6 VYBRANÁ ŘEŠENÍ MĚŘENÍ ZRYCHLENÍ

Hodnota zrychlení je proměnná, které je potřeba jako vstupní data pro některé systémy řízení, jimiž se zabývá tato práce.

2.6.1 TŘÍOSÝ AKCELEROMETR

Akcelerometr je zařízení, které měří zrychlení (m/s^2). V současné době mají tyto zařízení velikost zhruba několika milimetrů a to jsou většinou ještě ve spojení s gyroskopem.

Vše potřebné je umístěno v jednom čipu, který funguje na principu změny fyzikálních veličin. Ty se zjišťují pomocí elektromagnetických charakteristik maličkých oscilujících a pohybujících se částí uvnitř čipu. Tyto části mají miniaturní velikost až setinu milimetru. Jedná se o mikroelektromechanické systémy, ve zkratce MEMS.



Obrázek 36 Vnitřní část akcelerometru [19]

Akcelerometr měří ve třech osách X, Y, Z, což funguje tak, že v každé ose je umístěn měřicí segment (viz. Obrázek 36). Pokud je tedy akcelerometr tříosý, jeho tělo obsahuje tři měřicí segmenty. [19]

Rozvoj mikroelektromechanických součástek je otázka posledních dvou desetiletí, kdy je lidstvo schopno výroby s tak vysokou přesností.

3 POPIS VYBRANÉHO ŘEŠENÍ

Vybrané řešení pro experimentální model této práce je zvoleno tak, aby náklady na součástky byly co nejmenší, avšak nebyla tím omezena demonstrativní funkce experimentálního modelu.

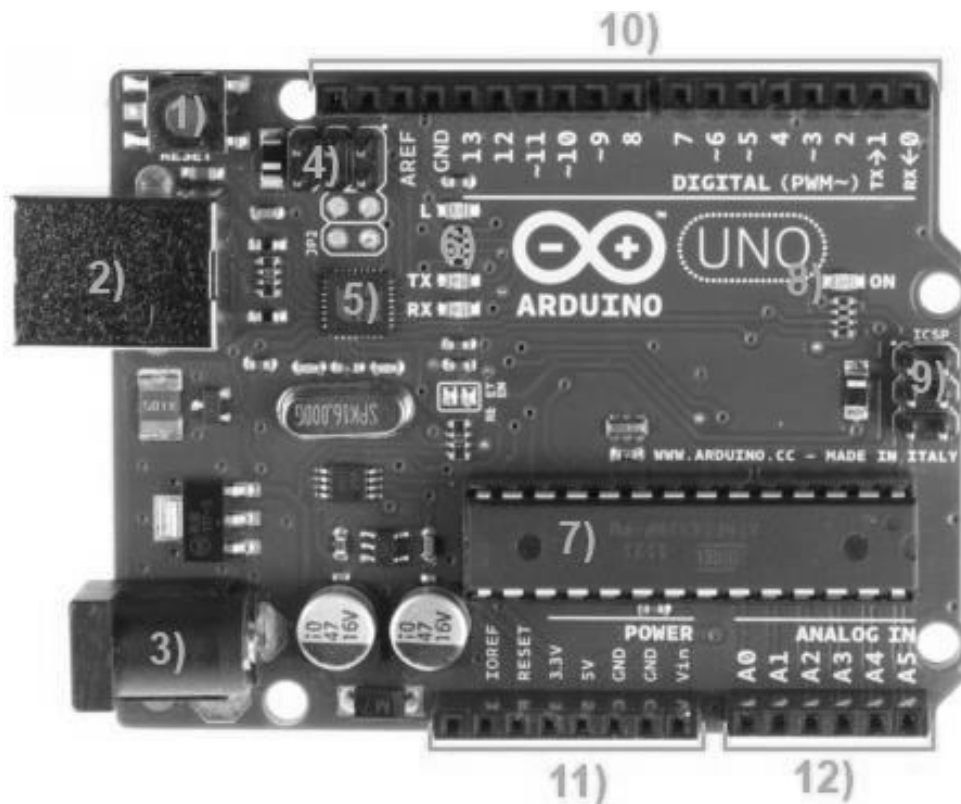
Model obsahuje systém zastavení před překážkou s následným rozsvícením varovných světel a následného rozjezdu po odstranění překážky a dále systém automatické aktivace světel pro denní svícení.

V této kapitole jsou sumarizovány použité komponenty v experimentálním modelu a jeho vlastní realizace.

3.1 ARDUINO UNO

Nejvhodnější typem Arduina pro řízení tohoto experimentálního modelu je Arduino Uno. V modelu je instalován Arduino Uno, klon pracující s mikrokontrolerem ATMEGA328, navrženým firmou Atmel. Ten pracuje na frekvenci 16Mhz a je vybaven paměťmi flash o velikosti 32KB, SRAM 2KB a EEPROM 1KB. [7]

Provozní napětí klonu je 5V a vstupní napětí se pohybuje mezi 7 až 12V. [7]



Obrázek 37 Popis Arduina Uno [7]

1. – Resetovací tlačítko
2. – USB konektor, je typu B.
3. – Napájecí konektor
4. – ICSP piny, slouží pro externí programování USB převodníku, v našem případě je převodník integrován v hlavním čipu.
5. – USB převodník, obstarává komunikaci mezi počítačem a čipem
6. – Indikační LED L,RX,TX. L je připojena k pinu číslo 13. RX a TX indikují komunikaci přes USB rozhraní
7. – Hlavní čip, tedy ATMEGA328
8. – Indikační LED pro aktivní napájení
9. – ICSP piny pro externí programování hlavního čipu.
10. – Digitální piny
11. – Napájecí výstupy +5V,GND...
12. – Analogové vstupy

[7]

Celá vývojová deska je nalepena na nosnou desku podvozku tak, aby byl dobrý přístup k pinům a po zakrytí modelu také k sériovému portu USB a napájecímu kabelu.

3.2 NAPÁJENÍ MODELU A KABELOVÉ ROZVODY

Experimentální model je napájen dvěma zdroji. První je alkalická baterie o napětí 9V, která napájí Arduino Uno a všechny k němu připojené periferie, kromě stejnosměrných motorů, které napájí zdroj druhý.



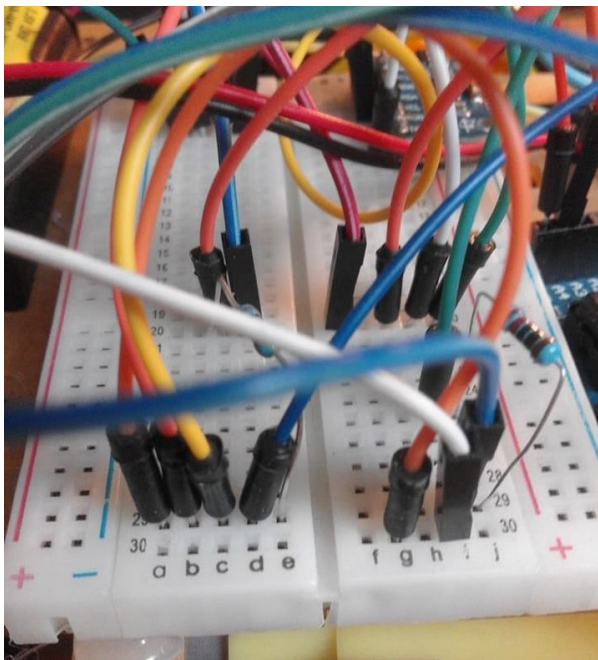
Obrázek 38 Zdroje energie [25]

Čtyři stejnosměrné motory jsou připojeny prostřednictvím H-můstku ke druhému zdroji napětí. Ten obsahuje čtyři tužkové baterie AA o napětí 1,5V, zapojené za sebou a generující napětí 6V. Každý ze zdrojů je pevně přilepen k podvozku a má samostatný pákový vypínač, připojený do obvodu pomocí standardní elektrikařské svorkovnice, která je také přilepena k podvozku.



Obrázek 39 Svorkovnice [25]

Pro jednodušší a přehlednější zapojení byla použita pinová deska, která slouží jako rozvaděč. Je do ní zapojen například pin 5V z Arduina, GND z Arduina. Všechny periferie mají zapojení do rozvaděče.

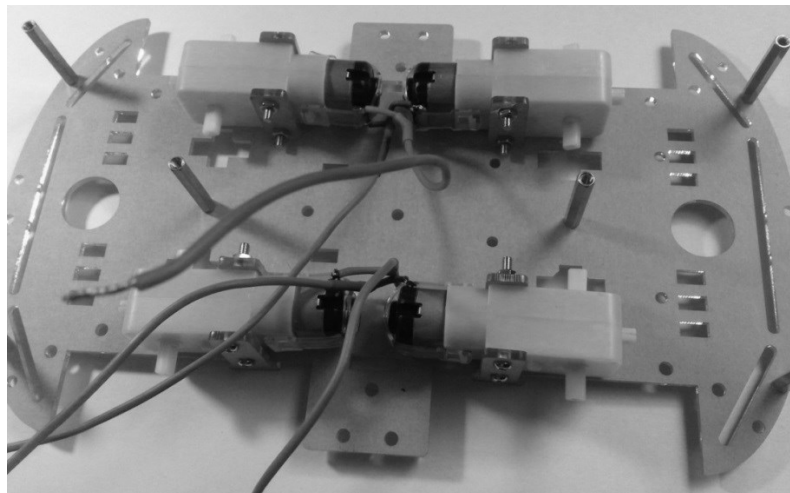


Obrázek 40 Rozvaděč s kabely [25]

Jsou používány klasické kabely na koncích osazené piny pro jednoduché připojení.

3.3 PODVOZEK

Byl zvolen jednoduchý čtyřkolový podvozek, hlavní nosný rám je vyroben z plexi plastu. Jedná se o dvě plexi desky sešroubované ocelovými šrouby. Mezi nosnými deskami je místo pro instalaci čtyř elektrických krokových motorů, na které jsou přímo nasazena plastová kola. Rám má již vyřezané otvory a průchody pro různé součástky, tedy je uzpůsoben přímo pro Arduino komponenty.



Obrázek 41 Nosná deska podvozku s instalovanými motory [25]

Pro větší pevnost celého rámu byl ještě vyztužen speciálním lepidlem. Na vrchní desce podvozku jsou přilepeny tři ocelové úhelníky sloužící jako držáky plastové karoserie, také slouží jako hlavní nosná deska většiny elektronických součástí.



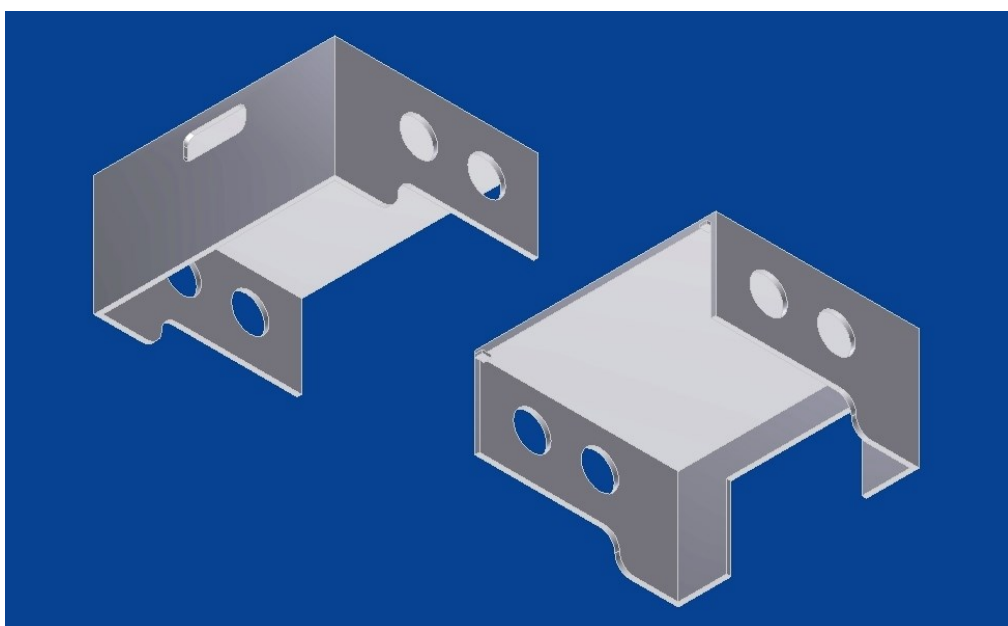
Obrázek 42 Úhelníky [25]

3.4 KAROSERIE

Karoserie byla vytištěna na 3D tiskárně Průša MK3 z materiálu PLA, který se na tyto účely výborně hodí.

Z důvodu velikosti se karoserie nedala tisknout najednou, ale je v polovině rozdělena na dvě části, které jsou následně slepeny. Boční kruhové otvory slouží výhradně jako odvětrávací a odlehčovací.

Čelní obdélníkový výřez slouží pro ustavení ultrazvukového měřiče vzdálenosti. Zadní velký obdélníkový výřez slouží pro případnou inspekci kontroleru, nebo jeho připojení k počítači přes sběrnici USB. Model k vytištění je vytvořen v programu Autocad Inventor.



Obrázek 43 Model karoserie [25]

Karoserie na modelu neslouží jako estetický prvek, ale jako zcela funkční prvek, tedy ustavuje a udržuje pozici svítivých diod, ultrazvukového měřiče vzdálenosti či centrálního vypínače.

V kompletní již slepené karoserii jsou ve svrchní části vyvrtány tři otvory. Dva pro vypínače zdrojů a jeden pro uchycení fotorezistoru ve vhodné poloze. Všechny otvory jsou umístěny v zadní polovině karoserie.

3.5 SVÍTIVÉ DIODY

V modelu jsou využity svítivé diody místo běžných žárovek. Jejich výhody oproti běžným žárovkám jsou několikanásobně nižší spotřeba energie, nižší provozní napětí, nižší tepelné zatížení, velikost a další.

Model používá diody difuzní červené, žluté a bílé.

Žluté diody o průměru 3mm simulují výstražné blikáče.

Žluté diody o průměru 5mm simulují denní svícení, umístěné v čele modelu.

Žluté diody o průměru 10mm simulují hlavní osvětlení, tedy tlumená světla.

Červené diody o průměru 5mm simulují zadní obrysová světla a jsou umístěny v zadní části modelu.

Všechny použité diody jsou difuzní s vyzařovacím úhlem 80° a provozním napětím 2,4 - 7V. Všechny použité LED jsou napájeny přímo z kontroleru Arduino napětím 5V. [20]



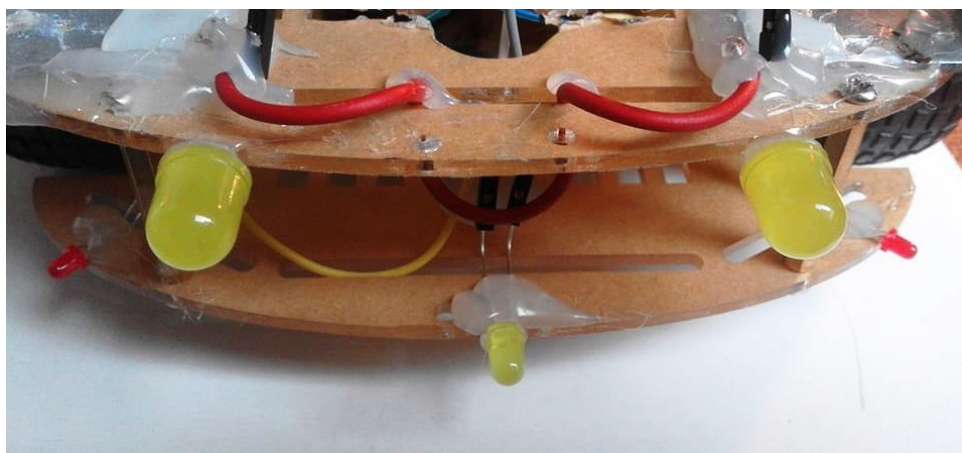
Obrázek 44 LED difuzní červená [20]



Obrázek 45 LED difuzní žlutá [20]

Difuzní dioda - vyrábí se technologií difuze, při čemž donorové, nebo akceptorové atomy difundují do základního materiálu například křemíku (Si), většinou se tak děje za zvýšené teploty. Ve většině případu nebývá tato dioda čirá, ale matná. [20]

LED jsou k modelu přilepena pomocí tavného lepidla a ke kontroleru připojena přes rozvaděč pomocí kabeláže. LED jsou rozmístěny tak, aby přibližně simulovaly reálné rozmístění daných světel na vozidle či důlním vozidle.



Obrázek 46 Rozmístění LED [25]

3.6 ULTRAZVUKOVÝ MĚŘIČ VZDÁLENOSTI SRF05

Jedná se o rozšiřující měřicí modul pro Arduino, funguje na bázi aktivního sonaru, jeho pracovní rozsah je od 20mm do 4500mm a úhel vysílání signálu je 45°. Rozšiřující modul obsahuje měřicí senzor HY-SRF05, který pracuje s napětím 5V. Sonar vysílá signál o frekvenci 40kHz, tedy pro lidské ucho neslyšitelným. [21]



Obrázek 47 Ultrazvukový měřic vzdálenosti SRF05[21]

Samotné změření vzdálenosti překážky od vozidla proběhne tak, že na pin TRIGGER je přiveden signál o délce deseti mikrosekund, na pin ECHO dorazí signál, který je roven časové odezvě, tedy za jakou dobu se signál odrazil od překážky zpět k tubusu se snímačem.

Výsledný výpočet vzdálenosti proběhne dle následující rovnice: [21]

$$s = t/58,31 \text{ (cm)}$$

t – časová odezva

I když toto zařízení nazývám sonar, tento model by v jeho domovském prostředí, což jsou kapaliny, nebylo možné použít, protože obsahuje množství odhalených plošných spojů a tedy hrozí riziku zkratu. Pro použití na experimentálním modelu je tento modul zcela ideální z důvodů jeho nízké ceny, kompaktnosti a přijatelné přesnosti měření. Ve volném prostoru lze skutečně spolehlivě měřit až do vzdálenosti 4,5m, ovšem v běžném interiérovém prostoru takové podmínky nejsou a dost často se stane, že modul zachytí nějaký falešný odraz.

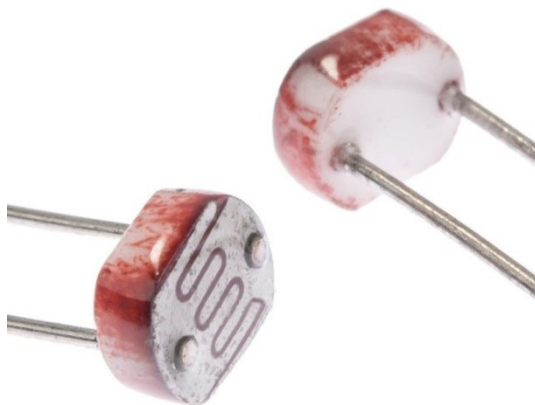
V modelu ultrazvukový měřič registruje překážky před vozidlem. V systému je pak zadáno zastavení 14,3cm před překážkou. Toto simuluje nouzové zastavení vozidla před překážkou například při závalu v dole.

SRF05 je umístěn v předem připraveném otvoru v přední části karoserie tak, aby vždy směřoval čelem před vozidlo a aby byl 13cm nad povrchem, po kterém se model pohybuje.

3.7 FOTOREZISTOR GL5539

Fotorezistor je velmi důležitou optoelektronickou součástí modelu, protože byl zvolen k měření intenzity okolního světla a pomocí podmínek ve vývojovém prostředí Arduino IDE je nastavena aktivace a deaktivace tlumených světel a světel pro denní svícení.

Je používán fotorezistor typu GL5539 o průměru 5mm jehož citlivost je 540nm, odpor při 10luxech je cca 15kOhm a rozsah teplotní použitelnosti -30°C až 70 °C, což pro běžné světelné aplikace plně dostačuje. [23]

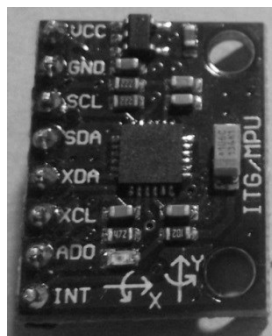


Obrázek 48 Fotorezistor GL5539[23]

Fotorezistor je v modelu přilepen v otvoru ve svrchní části karoserie tak, aby mu nic nebránilo detekovat intenzitu světla. Pro větší houževnatost této jemné součástky jsou její kontakty zality v plastu.

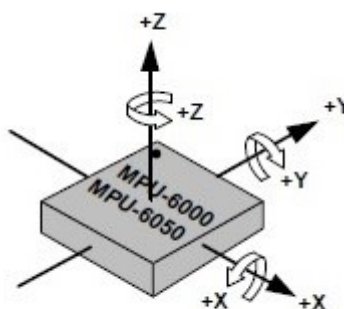
3.8 AKCELEROMETR MPU6050

V experimentálním modelu slouží akcelerometr jako senzor, který měří zrychlení, v tomto případě zpomalení modelu. MPU6050 pomocí datových kabelů přenáší naměřené do řídicí jednotky, tedy v našem případě Arduina a na základě dat aktivuje výstražné blikající osvětlení.



Obrázek 49 MPU6050 [25]

Celý tento systém má simulovat aktivaci výstražných světel při nouzovém brzdění před překážkou, tedy k prudké změně v ose Y.



Obrázek 50 Orientace os akcelerometru [22]

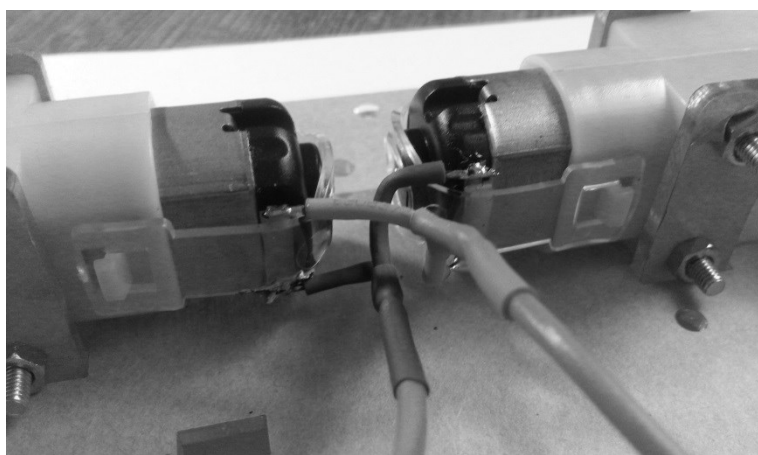
Akcelerometr je napájen 5V přímo z Arduina. Arduino čte naměřená data akcelerometru přes analogové vstupy, které v tomto případě fungují jako I2C sběrnice. Pro určení mezních hodnot dostačuje experimentální zkouška. Pro lepší porozumění načtených hodnot jsou nainstalovány potřebné rozšiřující knihovny do Arduina IDE. Modul je umístěn vně modelu, konkrétně pod karoserií. Díky malým rozměrům a hmotnosti je upevněn pouze zasunutím jeho pinu do rozvaděče. [22]

3.9 POHON

K pohonu experimentálního modelu je využito čtveřice stejnosměrných motorů. Každý motor je opatřen svojí převodovkou, na kterou je přímo nasazeno kolo o průměru 66mm. Tento celek je pomocí patek přišroubován k nosné části podvozku.

Motory jsou prostřednictvím H-můstku připojeny ke zdroji napětí a Arduino. Motory jsou napájeny 6V zdrojem, jejich otáčky jsou 240RPM. Jeden motor má odběr 240mA. [6]

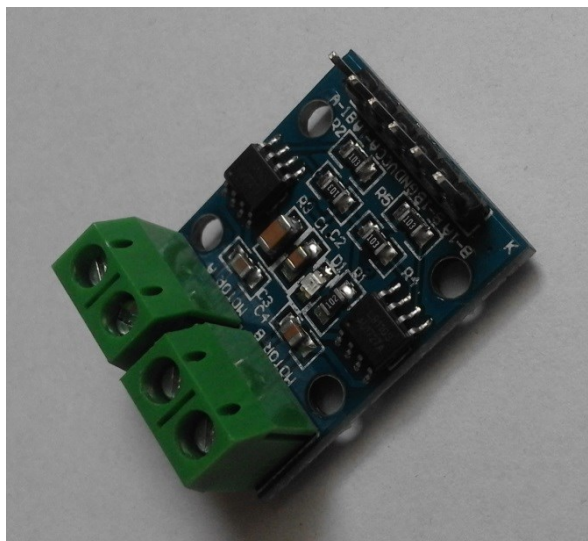
Motory jsou zapojeny do dvojic tak, aby bylo v budoucnu možné řídit a korigovat směr jízdy modelu, ovšem tímto se tato práce nezabývá a tak není realizováno.



Obrázek 51 Realizace zapojení motoru do dvojic [25]

3.9.1 H-můstek

Jedná se o řadič typu L9110S, vhodný pro dva motory, což experimentální model splňuje, protože motory jsou zapojeny do dvojic. Řadič je dvoukanálový a snese proudové zatížení až 800mA na jeden kanál. Proud jedné dvojice motorů je 480mA, tedy řadič zatížení bez problémů zvládne. Vstupní napětí řadiče je 3-12V, v našem případě 6V. [24]



Obrázek 52 H-můstek L9110S [25]

3.10 REALIZACE

Řídicí kód byl naprogramován v Arduino IDE, které je pro vývoj řídicího kódu nejvhodnější. Kód byl vyvíjen postupně a také postupně optimalizován. K programování byl používán běžný stolní počítač s 64bitovým operačním systémem Windows 7. Vývojová deska Arduina je k němu připojena pomocí sériového linku USB. Jako první byl realizován systém řízení svícení pomocí fotorezistoru.

Fyzické zapojení je následující:

Rychlost sériové linky je nastavena na 36800 baudů.

Fotorezistor je připojen k analogovému pinu, definovanému jako vstup A0, proměnná je nazvána **LDRvalue**. Ze vstupu A0 je čtena hodnota rozdílu mezi 5V výstupem a GND, tedy odpor fotorezistoru.

Hlavní světla v podobě dvou 10mm žlutých LED, propojených mezi sebou a simulujících tlumená světla, jsou připojena k digitálnímu pinu 9 nastavenému jako výstup a k pinu GND. Název proměnné je **LED**.

Světla pro denní svícení v podobě jedné 5mm žluté LED, jsou připojeny k digitálnímu pinu 10 nastavenému jako výstup a k pinu GND. Název proměnné pro toto osvětlení je **LEDden**.

```
int LED = 9;  
int LEDden = 10;  
int LDR = A0;
```

Obrázek 53 Ukázka kódu [26]

Díky reálnému měření byla nastavena podmínka, která říká, že pokud hodnota z pinu A0 je menší než 700, pak se na digitální pin 9 pošle napětí a rozsvítí se hlavní světla. Pokud hodnota na pinu A0 stoupne nad 700, na digitálním pinu 9 klesne napětí a hlavní světla se vypnou a na pinu 10 napětí stoupne, čímž se aktivuje denní svícení.

Reálné měření znamená, že fotorezistor byl vystaven běžnému dennímu světlu a šeru, kdy už je potřeba svítit hlavními světly. Ideální demonstrativní hodnota byla zvolena 700, jedná se bezrozměrnou hodnotu.

```
int LDRValue = analogRead(LDR);
Serial.print("sensor = ");
Serial.print(LDRValue);

if (LDRValue <=700)
{
digitalWrite(LED, HIGH);
//digitalWrite(relay, HIGH);
digitalWrite(LEDden, LOW);
//digitalWrite(relay, LOW);
Serial.println("TMA; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ NEAKTIVNÍ, HLAVNÍ SVĚTLA AKTIVNÍ");
}
else
{
digitalWrite(LED, LOW);

digitalWrite(LEDden, HIGH);

Serial.println("SVEILO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ");
}
```

Obrázek 54 Ukázka kódu [26]

Při spouštění seriál monitoru v Arduino IDE je možné stav svícení a hodnotu z fotorezistoru vyčíst. Je tomu tak díky funkci **Serial.print**.

Jako další bylo realizováno měření vzdálenosti, tedy zastavení před překážkou. Jako první došlo ke zprovoznění ultrazvukového měřiče vzdálenosti SRF05. SRF05 má pět výstupu (pinů) VCC, TRIG, ECHO, OUT a GND. VCC je 5V napájení z rozvodu Arduina, GND je taktéž přímo napojeno na rozvod Arduina. TRIG je napojen na digitální pin 4, nastavený jako výstup a ECHO je napojen na digitální pin 5, nastavený jako vstup. TRIG má proměnou **pTrig** a ECHO má proměnnou **pEcho**. Princip měřícího zařízení SRF05 je popsán v přechozích kapitolách.

```
int pTrig = 4;
int pEcho = 5;
```

Obrázek 55 Ukázka kódu [26]

Součástí této realizace bylo i zapojení pohonných jednotek pomocí H-můstku. Pravá dvojice motoru je do H-můstku připojena jako MOTORA a levá dvojice jako MOTORB. Jednotlivé dvojice motorů jsou k řadiči připojeny pomocí svorek. Pro komunikaci s kontrolerem je H-můstek vybaven piny B1-A, B1B, VCC, GND, A1-A, A1-B. VCC a GND jsou připojeny k druhému zdroji energie, tedy nejsou připojeny na rozvod Arduina. Piny A1-A a A1-B jsou připojeny k digitálním pinům 12 a 13, nastaveným jako výstup s proměnnými CH1L_pin a CH1R_pin. Piny B1-A a B1-B jsou připojeny k digitálním pinům 3 a 7, nastaveným jako výstup s proměnnými CH2L_pin a CH2R_pin.

```
int CH1L_pin = 13;
int CH1R_pin = 12;
int CH2L_pin = 3;
int CH2R_pin = 7;
long odezva, vzdalenost;
```

Obrázek 56 Ukázka kódu [26]

Opět díky reálnému měření byla nastavena podmínka. Pro potřeby této podmínky byla stanovena proměnná s názvem **odezva**, která se rovná proměnné **pEcho**. Ta je přečtena z digitálního pinu 5 pomocí funkce **PulseIn**. Z manuálu zařízení SRF05 pak byly zjištěny hodnoty k přepočtení odezvy na reálnou vzdálenost v cm. Vztah je znázorněn v předchozích kapitolách.

```
digitalWrite(pTrig, LOW);

digitalWrite(pTrig, HIGH);

digitalWrite(pTrig, LOW);

odezva = pulseIn(pEcho, HIGH);

Serial.print(odezva);
```

Obrázek 57 Ukázka kódu [26]

Vzdálenost, při které všechny motory zastaví, je nastavena na 14,3cm. Tedy signál v digitálních pinech 12, 13, 3 a 7 je v režimu LOW. Pokud se vzdálenost od překážky zvýší, motory se opět rozběhnou, tedy signál v digitálních pinech 12, 13, 3 a 7 bude v režimu HIGH.

```
vzdalenost = odezva / 58.31;
Serial.print("vzdálenost = ");
Serial.print(vzdalenost);
Serial.println(" cm. ");

// start
digitalWrite(CH1L_pin, HIGH);
digitalWrite(CH1R_pin , LOW);
digitalWrite(CH2L_pin, HIGH);
digitalWrite(CH2R_pin , LOW);

if (odezva <=825){
digitalWrite(CH1L_pin, LOW);
digitalWrite(CH1R_pin , LOW);
digitalWrite(CH2L_pin, LOW);
digitalWrite(CH2R_pin , LOW);
}
```

Obrázek 58 Ukázka kódu [26]

Režim HIGH znamená, že je na pin posíláno napětí 5V. Režim LOW znamená, že na pinu je napětí menší než 2,2V.

Jako poslední byl realizován Akcelerometr s aktivací výstražných světel. Je používán tříosý akcelerometr a gyroskop MPU6050, model bude používat data pouze z akcelerometru. MPU6050 je vybaven piny VCC, GND, SCL, SDA, XDA, XCL, ADO, INT. Modul je napájen přímo z rozvodu Arduina, tedy piny VCC a GND jsou napojeny do něj. SCL je napojeno do analogového vstupu A5, SDA je napojeno do analogového vstupu A4. Analogové vstupy zde fungují jako I2C sběrnice. INT je napojen do digitálního pinu 2.

```
int16_t ax, ay, az;
int16_t gx, gy, gz;
```

Obrázek 59 Ukázka kódu [26]

Výstražná světla jsou v podobě dvou vzájemně propojených 3mm červených LED, které jsou připojeny na digitální pin 8, nastavený jako výstup.

Podmínka byla stejně jako v předchozích případech realizována za pomoci reálného měření. Tedy po zapojení a instalaci všech potřebných knihoven pro MPU6050 byla vyčtena bezrozměrná hodnota zrychlení v ose X dle orientace modulu.

```
#include "Wire.h"
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"

MPU6050 accelgyro;
```

Obrázek 60 Ukázka kódu [26]

Zvolená hodnota je 200. Pokud je nastavená proměnná **ax** menší, aktivují se výstražná světla, tedy na digitální pin 8 se přivede hodnota HIGH. Výstražná světla pak blikají dle nastaveného parametru blikání.

```
accelgyro.getAcceleration(&ax, &ay, &az);

Serial.print(ax); Serial.print("\t");
Serial.print(ay); Serial.print("\t");
Serial.println(az);

if (ax <=200)
{
digitalWrite(LEDblik, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(LEDblik, LOW);
delay(10);
}
else
{
digitalWrite(LEDblik, LOW);
}
}
```

Obrázek 61 Ukázka kódu [26]

V příloze bude k dispozici kompletní kód a jeho popis.

3.10.1 Sériový monitor

Ukázka funkce sériového monitoru a vyčtení hodnot.


```

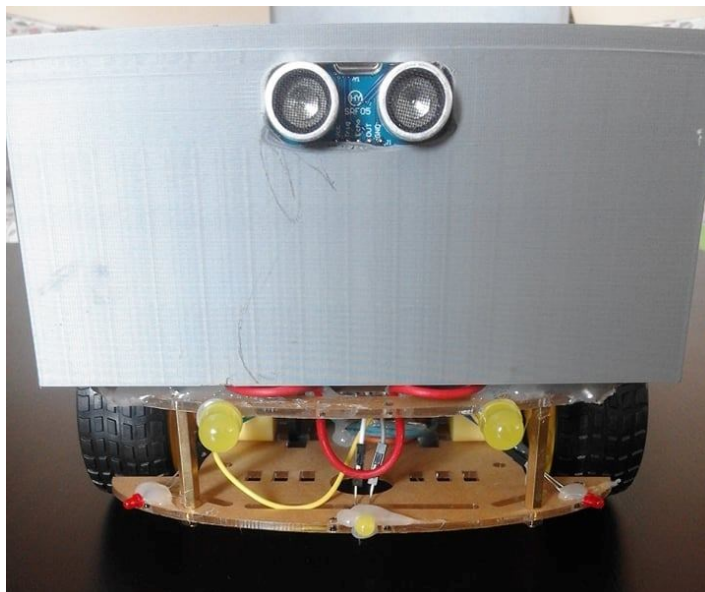
09:51:52.334 -> Testing device connections...
09:51:52.367 -> MPU6050 connection successful
09:51:52.367 -> -340    -240    18936
09:51:52.878 -> sensor = 870SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:51:52.878 -> 2059vzdálenost = 35 cm.
09:51:53.863 -> -312    -96     19064
09:51:54.373 -> sensor = 872SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:51:55.054 -> 0vzdálenost = 0 cm.
09:51:56.074 -> -476    -116   18952
09:51:56.584 -> sensor = 874SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:51:56.584 -> 2053vzdálenost = 35 cm.
09:51:57.604 -> -504    -68     18844
09:51:58.114 -> sensor = 874SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:51:58.794 -> 0vzdálenost = 0 cm.
09:51:59.813 -> -424    -60     18924
09:52:00.323 -> sensor = 875SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:00.323 -> 2058vzdálenost = 35 cm.
09:52:01.309 -> -364    -112   18856
09:52:01.818 -> sensor = 758SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:01.852 -> 2057vzdálenost = 35 cm.
09:52:02.838 -> -404    -176   18852
09:52:03.348 -> sensor = 351TMA; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ NEAKTIVNÍ, HLAVNÍ SVĚTLA AKTIVNÍ
09:52:03.348 -> 2077vzdálenost = 35 cm.
09:52:04.368 -> -412    -80     18928
09:52:04.878 -> sensor = 267TMA; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ NEAKTIVNÍ, HLAVNÍ SVĚTLA AKTIVNÍ
09:52:04.878 -> 2078vzdálenost = 35 cm.
09:52:05.864 -> -520    -92     18884
09:52:06.374 -> sensor = 258TMA; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ NEAKTIVNÍ, HLAVNÍ SVĚTLA AKTIVNÍ
09:52:06.408 -> 2102vzdálenost = 36 cm.
09:52:07.393 -> -256    -128   18892
09:52:07.903 -> sensor = 874SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:07.937 -> 2057vzdálenost = 35 cm.
09:52:08.922 -> -364    -168   18856
09:52:09.431 -> sensor = 875SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:09.431 -> 2057vzdálenost = 35 cm.
09:52:10.452 -> 244     -204   18576
09:52:10.452 -> sensor = 873SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:10.452 -> 503vzdálenost = 8 cm.
09:52:11.438 -> -440    -80     18924
09:52:11.948 -> sensor = 871SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:12.662 -> 0vzdálenost = 0 cm.
09:52:13.648 -> -248    -160   19248
09:52:14.158 -> sensor = 871SVETLO; STAV: DENNÍ SVÍCENÍ AKTIVNÍ
09:52:14.158 -> 1535vzdálenost = 26 cm.
09:52:15.178 -> -536    -212   19008

```

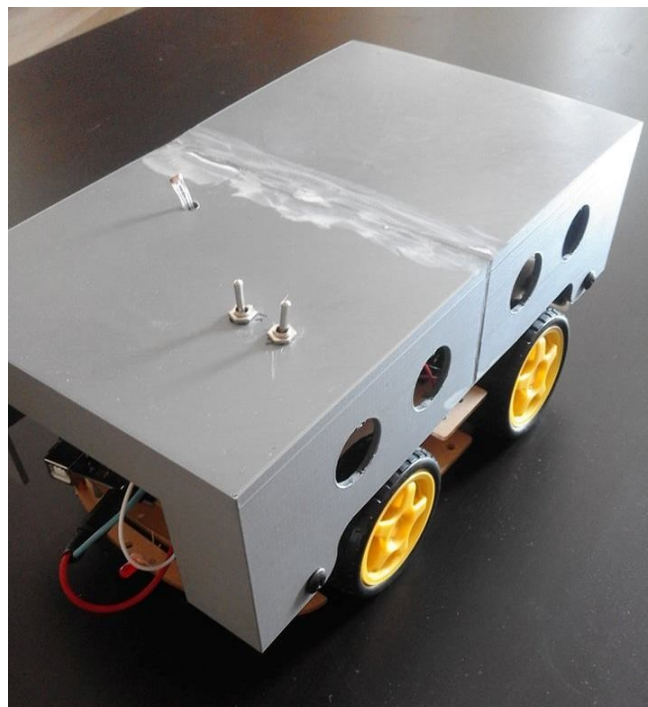
Obrázek 62 Výpis monitoru [26]

V sériovém monitoru lze odečíst naměřenou hodnotu intenzity světla (sensor =), také naměřenou vzdálenost překážky před vozidlem. Lze také vyčíst data z akcelerometru, kde první záporné číslo je hodnota proměnné ax , na kterou je nastavena podmínka pro výstražná světla. Zpočátku je vidět inicializace knihoven pro modul MPU6050.

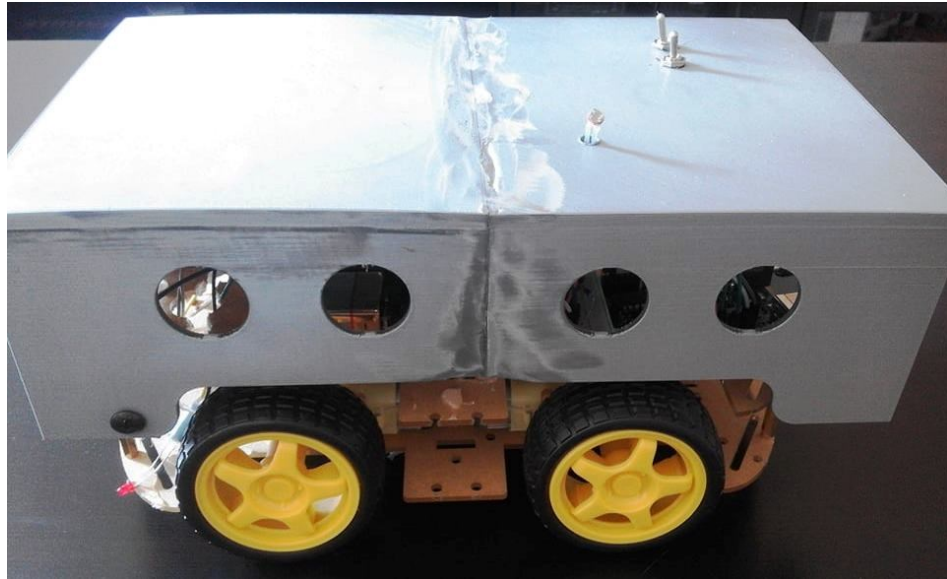
Hotový a sestavený experimentální modul. Všechny součástky a moduly jsou umístěny dle popsaní v předchozích kapitolách.



Obrázek 63 Model čelní pohled [25]



Obrázek 64 Model celkový pohled [25]



Obrázek 65 Model pohled z boku [25]

Na snímcích je dobře patrná dělicí rovina karoserie, je to z důvodu obtížně broušitelného materiálu PLA. Na funkci to nemá vliv.

4 ZÁVĚR

Zmenšený model je provozuschopný a funkční, všechny instalované systémy, ať už světelný inteligentní systém či systém monitorování bezpečné vzdálenosti po zapojení fungují.

Při jeho konstrukci byly použity komponenty přiměřené velikosti, výkonu a ceny. Některé ze součástí byly natolik křehké a jejich parametry při měření natolik omezené, že to způsobovalo přechodné výpadky v provozu. Například ultrazvukový měřič vzdálenosti musel být vyměněn, protože prováděná měření vykazovala nereálné hodnoty v měření, i když nebyla zjevná příčina závady.

Také kontroler Arduino Uno není uzpůsoben pro dlouhodobý provoz, je to pouze vývojový element.

V reálném provedení by muselo být použito adekvátních komponent v přiměřeném měřítku a s potřebnými parametry, které jsou bohužel také finančně náročnější. Ekonomicko-finanční vyhodnocení však není předmětem této práce.

Přes všechny problémy, které se vyskytly, se domnívám, že instalace inteligentních bezpečnostních a řídicích systémů do vybraných důlních strojů a starších automobilů není úplně nereálná. A může poskytnout větší ochranu a bezpečnější používání jak v pracovním prostředí, tak v silničním provozu. Každé preventivní opatření, které umožní předcházet nehodám, je pozitivní.

5 POUŽITÉ ZDROJE

- [1] Prof. Ing. Pavel BEZOUŠEK, CSc. a Ing. Pavel ŠEDIVÝ. Radarová technika. Vyd. 1. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 9788001030363
- [2] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN isbn8073001845.
- [3] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 9788073002404.
- [4] KREJČÍŘÍK, Alexandr. *Napájecí zdroje*. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 8086056562.
- [5] NOVÁK, Petr. *Mikropočítačové řídicí systémy*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2002. ISBN 8024802198.
- [6] PAVELKA, Jiří a Jiří ZDĚNEK. *Elektrické pohony a jejich řízení*. 2. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 9788001057858.
- [7] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stříž, 2017. ISBN 978-80-87106-93-8.
- [8] ARMY.CZ, *aplikace radarů* [obrázek] .[online]. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k33.htm

[9] VTM.ZIVE.CZ, technologie – autonomní vůz.[online]. Dostupné z <https://vtm.zive.cz/clanky/cim-se-lidar-lisi-od-radaru-a-jaka-je-jeho-role-v-autonomnich-vozidlech/sc-870-a-195431/default.aspx>

[10] EC.EUROPA.EU, inteligentní bezpečnostní systémy .[online]. Dostupné z https://ec.europa.eu/transport/road_safety/topics/vehicles/esafety_cs

[11] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích IN: 2006, Dostupné z <https://www.cspds.cz/172-videt-a-byt-viden-osvetleni-vozidel>

[12] WIKIPEDIA.ORG, sonar .[obrázek]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sonar>

[13] WIKIPEDIA.ORG, sonar .[online]. Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sonar>

[14] CONVERTER.CZ, fyzikální tabulky – rychlost zvuku v kapalinách .[online]. Dostupné z <http://www.converter.cz/tabulky/rychlost-zvuku-kapaliny.htm>

[15] STAVEBNICTVI3000.CZ, osvětlení .[online]. Dostupné z <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/zarovka-usporna-zarovka-mnozstvi-svetla>

[16] hydro4greenlife.com, definition of a light bulb .[online]. Dostupné z <http://cz.hydro4greenlife.com/info/the-basic-definition-of-a-light-bulb-27725333.html>

[17] WIKIPEDIA.ORG, halogenová žárovka .[online]. Dostupné z https://cs.wikipedia.org/wiki/Halogenov%C3%A1_%C5%BE%C3%A1rovka

[18] VYBOJKY-ZAROVKY.CZ, výbojkopedie .[online]. Dostupné z <http://www.vybojky-zarovky.cz/vybojkopedie.html>

[19] HWKITCHEN.CZ, 3OSÝ AKCELEROMETR A GYROSKOP .[online]. Dostupné z <https://www.hwkitchen.cz/3osy-akcelerometr-a-gyroskop-gy-521-mpu-6050-i2c/>

[20] TME.EU, led documentation .[online]. Dostupné z https://www.tme.eu/Document/49118d934bd7dd8719a54163c0a31782/KINGBRIGHT_T ECH_NOTES.pdf

[21] ARDUINO-SHOP.CZ, hy-srf05 documentation .[online]. Dostupné z <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/ultrazvukovy-meric-vzdalenosti-hy-srf05.html>

[22] ARDUINO-SHOP.CZ, MPU6050 documentation .[online]. Dostupné <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/134/1500635992.pdf>

[23] GL-55 DOCUMENTATION,.[online]. Dostupné z <https://drive.google.com/file/d/0B4B30jzMyzG8OHIUMm1mRk91ZIU/view>

[24] ARDUINO-SHOP.CZ, L9110S documentation .[online]. Dostupné <https://arduino-shop.cz/docs/produkty/0/68/1458419853.pdf>

[25] VLASTNÍ ZDROJ, .[OBRÁZEK]. OPAVA,2019

[26] VLASTNÍ ZDROJ, .[TABULKA]. OPAVA,2019

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kmitočtová tabulka [1].....	15
Obrázek 2 Princip Aktivního primárního radaru [1]	16
Obrázek 3 Princip Aktivního sekundárního radaru [1].....	16
Obrázek 4 Princip pasivního radaru [1].....	17
Obrázek 5 Měření rychlosti s využitím Dopplerova radaru [8].....	17
Obrázek 6 Autoradar BOSCH [9].....	18
Obrázek 7 Princip Sonaru [12]	19
Obrázek 8 princip lidarů [9].....	20
Obrázek 9 obrázek prostředí pomocí LIDARU [9]	21
Obrázek 10 Části fotorezistoru[2].....	22
Obrázek 11 Spektrální citlivost v závislosti na vlnové délce [2].....	23
Obrázek 12 Provedení fotodiody[2]	25
Obrázek 13 Princip fotodiody[2]	25
Obrázek 14 Princip fotodiody[2]	26
Obrázek 15 Princip fototranzistoru[2]	28
Obrázek 16 Logo společnosti[7].....	30
Obrázek 17 Mini [7]	31
Obrázek 18 Nano [7].....	31
Obrázek 19 Micro [7]	31
Obrázek 20 LilyPad[7].....	32
Obrázek 21 Fio [7].....	32
Obrázek 22 Uno [7]	33
Obrázek 23 Leonardo [7].....	33
Obrázek 24 Yún [7]	34
Obrázek 25 Mega2560 [7]	34
Obrázek 26 Due [7].....	34
Obrázek 27 Esplora [7]	35
Obrázek 28 Robot [7]	35
Obrázek 29 Intel Galileo [7]	36
Obrázek 30 Tre [7].....	36
Obrázek 31 Základní programovací okno Arduina IDE[7]	37

Obrázek 32 Kounstrukční uspořádání LED[3]	39
Obrázek 33 Běžná žárovka [16].....	39
Obrázek 34 Běžná halogenová žárovka [17]	40
Obrázek 35 Halogenová žárovka s dvojitou baňkou v provedení s patičí E27 [17].....	41
Obrázek 36 Vnitřní část akcelerometru [19].....	46
Obrázek 37Popis Arduina Uno [7]	48
Obrázek 38 Zdroje energie [25].....	49
Obrázek 39 Svorkovnice [25]	49
Obrázek 40 Rozvaděč s kabely [25]	50
Obrázek 41 Nosná deska podvozku s instalovanými motory [25]	51
Obrázek 42 Úhelníky [25]	51
Obrázek 43 Model karoserie [25]	52
Obrázek 44 LED difuzní červená [20].....	53
Obrázek 45 LED difuzní žlutá [20]	53
Obrázek 46 Rozmístění LED [25]	54
Obrázek 47 Ultrazvukový měřič vzdálenosti SRF05[21].....	54
Obrázek 48 Fotorezistor GL5539[23].....	56
Obrázek 49 MPU6050 [25].....	57
Obrázek 50 Orientace os akcelerometru [22]	57
Obrázek 51 Realizace zapojení motoru do dvojic [25].....	58
Obrázek 52 H-můstek L9110S [25].....	59
Obrázek 53 Ukázka kódu [26]	60
Obrázek 54 Ukázka kódu [26]	61
Obrázek 55 Ukázka kódu [26]	61
Obrázek 56 Ukázka kódu [26]	62
Obrázek 57 Ukázka kódu [26]	62
Obrázek 58 Ukázka kódu [26]	63
Obrázek 59 Ukázka kódu [26]	63
Obrázek 60 Ukázka kódu [26]	64
Obrázek 61 Ukázka kódu [26]	64
Obrázek 62 Výpis monitoru [26]	65
Obrázek 63 Model čelní pohled [25]	66

Obrázek 64 Model celkový pohled [25]	66
Obrázek 65 Model pohled z boku [25]	67

7 SEZNAM PŘÍLOH

Řídicí kód.....hla0129.ino