

1. Teoretický základ

Automated guided vehicle alebo AGV je mobilný robot, automaticky riadené dopravné zariadenie, ktoré sa vie pohybovať podľa značiek alebo vodičov umiestnených v podlahe, prípadne používa laser na sledovanie optických symbolov. Sú to zariadenia nevyžadujúce k riadeniu človeka. V súčasnosti zaznamenávajú AGV výrazný vzostup, pretože uľahčujú manipuláciu s materiálom a svojou nezávislosťou zvyšujú efektívnosť a znižujú náklady na ľudskú obsluhu v logistike. Takisto napomáhajú automatizácii výrobných zariadení. Ich použitie je najčastejšie v podnikoch s vysokým objemom produkcie, kde sa manipuluje s veľkým množstvom materiálu vo výrobných halách alebo skladoch (napríklad v závodoch automobilového priemyslu). Náklad je zvyčajne prevážaný vo vozíkoch vlečených v závese, ktoré dokáže autonómne pripojiť. Niektoré AGV používajú vysokozdvížný vozík na uloženie objektu do výšky.

Prvé AGV sa na trhu objavilo v päťdesiatych rokoch 20. storočia od firmy Barrett Electronics of Northbrook zo štátu Illinois. V tom čase to bol jednoduchý nákladný vozík, ktorý sledoval vodič umiestnený v podlahe. Počas rokov sa technológia stala sofistikovanejšou a dnes sú automatizované vozidlá hlavne navádzané laserom, tzv. LGV - Laser Guided Vehicle. V automatizovanom procese sú LGV naprogramované tak, že komunikujú (pomocou servera umiestneného mimo vozidiel) s inými robotmi aby sa zabezpečilo hladké premiestnenie produktu cez sklad, či ide o uloženie na budúce použitie alebo o priame odoslanie na vyexpedovanie. Dnes AGV zohrávajú kľúčovú úlohu pri návrhu nových tovární a skladov pre ich bezpečné premiestnenie nákladu na správne miesto. Ich uplatnenie sa našlo aj v neskorších rokoch 20. storočia, kedy prístavy začali používať túto technológiu na premiestňovanie expedičných ISO kontajnerov. Napríklad prístav v Rotterdame používa viac ako 100 AGV.

AGV používajú niekoľko spôsobov navigácie po trasách:

- *Vodičové navádzanie* - na takéto navádzanie sa používa senzor na snímanie frekvencie. Tento senzor je umiestnený na spodku robota a senzorickú časť má obrátenú k zemi. Vodič je zvyčajne umiestnený niekoľko centimetrov pod podlahou. Senzor detekuje frekvenciu vysielanú z vodiča a pomocou nej sa naviguje.
- *Navádzacie pásy* - mnoho jednoduchších automaticky navádzaných vozidiel niekedy označovaných aj ako „automatický vozík“ (AGC, automatedguidedcart) používa na určovanie trasy navádzacie pásy resp. čiary. Tieto pásy môžu byť buď magnetické alebo farebné. AGC je potom vybavené s vhodným snímačom, podľa ktorého určuje cestu. Hlavnou výhodou týchto čiar oproti vodičovému určovaniu cesty je, že pásy sa dajú ľahko odstrániť a zmeniť na iný potrebný kurz. Taktiež sa ušetria náklady na odstránenie vodičov zo zeme pre celú dĺžku trasy a táto technológia je navyše považovaná za „pasívnu“ lebo nepotrebuje žiadny zdroj na rozdiel od vodičov. Farebné pásy bývajú lacnejšie ale je tu riziko zašpinenia alebo poškodenia, hlavne vo veľkých prevádzkach. Flexibilný magnetický prúžok môže byť rovnako vstavaný ako vodič ale pracuje na rovnakom princípe ako magnetická páska a teda nepotrebuje zdroj.
- *Laserová navigácia* - na túto „bezdrôtovú“ navigáciu sa používajú odrazové materiály, ktoré sa pripevnia na steny, stojany, zariadenia atď. AGV nesie so sebou zariadenie schopné vysielat' aj prijímať laserové lúče na otočnej vežičke. Laser je vyslaný aj prijatý pod určitým uhlom a vypočíta sa vzdialenosť, ktorá sa uloží do pamäte vozidla. Následne

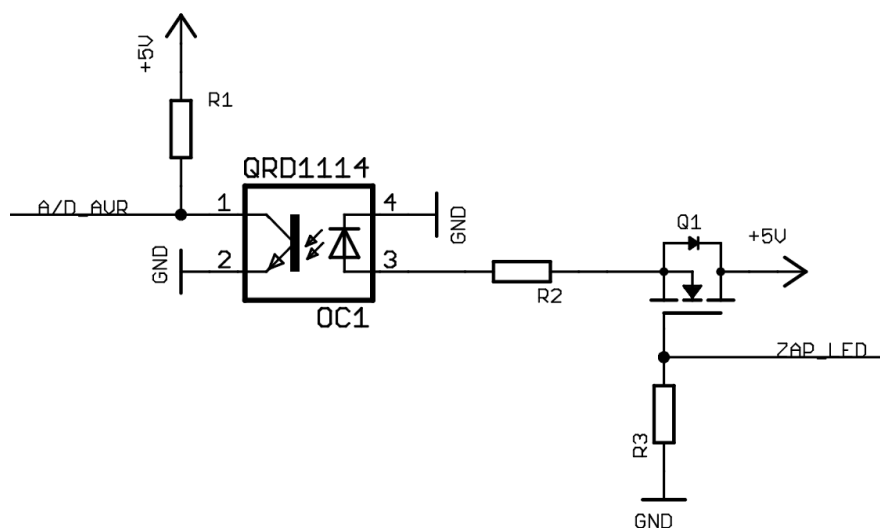
sa vytvorí mapa, tá sa uloží do pamäte a podľa nej sa môže korigovať jeho pozícia v prípade nepresností medzi nameranými a očakávanými údajmi. Takto môže navigovať do miesta určenia pomocou neustálej aktualizácii pozície.

- *Gyroskopické navádzanie* - inou formou navádzania používanou pre AGV je inerciálna navigácia (resp. navigácia na báze zotrvačnosti). Pomocou inerciálneho riadenia počítač ovláda smer a dáva príkazy vozidlu. Na overovanie smeru vozidla sa používajú tzv. transpondéry, ktoré sú vstavané do podlahy pracoviska. Gyroskop môže takto určiť najmenšiu zmenu v smere vozidla a vykonať príslušnú korektúru za účelom udržania AGV na správnej ceste. Pre túto metódu je okrajová chyba $\pm 2,54$ centimetra. Tento spôsob navigácie je možné použiť takmer v akomkoľvek prostredí zahŕňajúc úzke uličky alebo extrémne teploty.

2. Čiarový senzor SI05

Čiarový senzor SI05 bol navrhnutý pre potreby navigácie mobilných robotov po farebnej čiare na kontrastnom podklade (napríklad čierna čiara a biely podklad). Na sledovanie čiaru používa senzor SI05 päť reflexných optočlenov QRD1114. Reflexný optočlen obsahuje v jednom puzdre vysielaciu infračervenú LED, a infračervený fototranzistor. SI05 je riadený jednočipovým mikropočítačom ATmega48PA (AVR).

Snímací cyklus začína rozsvietením LED reflexných optočlenov. Infračervené svetlo sa odrazí od povrchu na dopadne na fototranzistor. Podľa intenzity odrazeného svetla sa mení kolektorový prúd fototranzistora, ktorý je napájaný cez pull-up rezistor. Intenzita odrazeného svetla závisí na vlastnostiach povrchu – farba, lesk, materiál. Kolektor fototranzistora je pripojený k vstupu A/D prevodníka, ktorý na záver meracieho cyklu odmeria napätie na kolektoroch všetkých piatich reflexných optočlenov. Podľa veľkosti napätia na jednotlivých kolektoroch, a podľa úvodnej kalibrácie podľa čiaru a podkladu vie senzor „povedať“, či sa daný optočlen nachádza nad čiarou, alebo nad podkladom. Na nasledujúcom obrázku je schéma zapojenia reflexného optočlena (ZAP_LED – ovládací signál pre zapnutie LED, A/D_AVR – výstup pripojený k A/D prevodníku AVR):



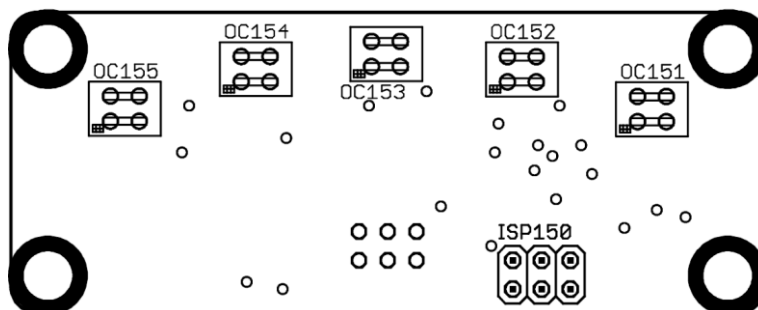
Obrázok 1: Zapojenie reflexného optočlena

2.1. Popis SI05

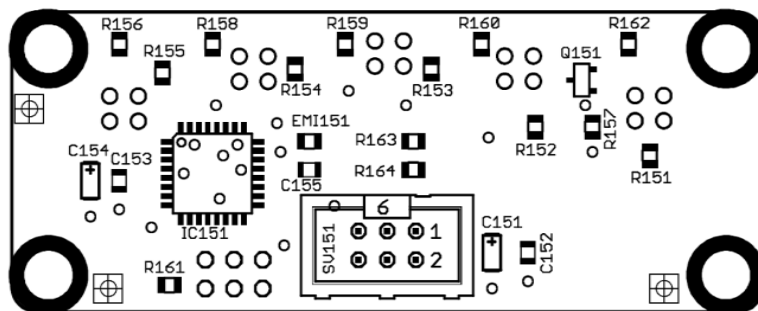
Základné parametre senzora SI05 sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Parameter	Hodnota	Jednotka
Napájacie napätie	5	V
Odber	<100	mA
Pracovná teplota	-40 do 85	°C

Rozmery plošného spoja SI05 sú 66,5mm x 26,5mm. Montážne otvory s priemerom 4,2mm sú rozmiestnené v rastri 10mm (podľa kovového konštrukčného systému Eitech). Komunikačným rozhraním senzora SI05 je rozhranie I²C vyvedené spolu so vstupom napájania na 6-pinový konektor MLW06 (SV151). Pohľady na obe strany plošného spoja senzora SI05 sú na nasledujúcich obrázkoch:



Obrázok 2: SI05 - Pohľad zhora

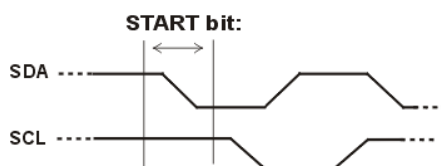


Obrázok 3: SI05 - Pohľad zdola

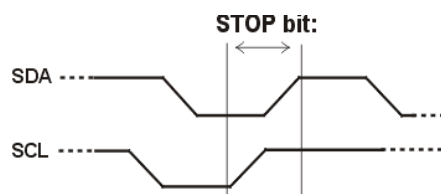
2.2. Komunikačné rozhranie SI05

Na komunikáciu so senzorom SI05 sa používa sériová zbernica I²C. Komunikácia prebieha medzi nadradeným zariadením (master) a podradeným zariadením (slave). Komunikáciu riadi master počas odosielania (operácia zápisu) aj počas prijímania (operácia čítania) dát. Master je zodpovedný za generovanie hodinového pulzu (clock) na pine SCL. Pin SDA je ovládaný oboma zariadeniami podľa potreby.

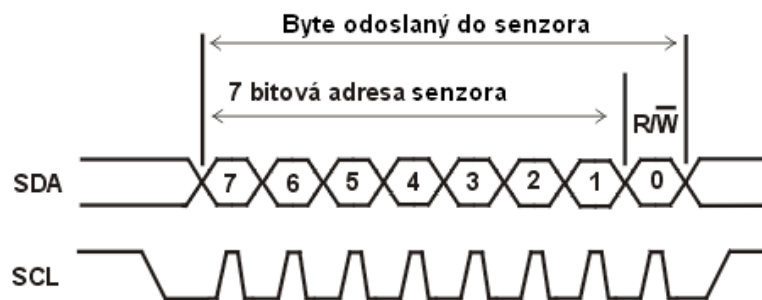
2.2.1. Základné operácie na zbernici



Vysielanie štartovacieho bitu



Vysielanie ukončovacieho bitu



Vysielanie adresy

Operácia zápisu:



Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADR spolu s bitom \overline{W} ktorý nastavuje smer toku dát smerom do senzora (zápis). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne master zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť odoslaný ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním ukončovacieho bitu STOP.

Operácia čítania:

Komunikácia sa začína štartovacím bitom START. Nasleduje 7-bitová adresa ADR spolu s bitom R ktorý nastavuje smer toku dát smerom zo senzora (čítanie). Ak adresa korešponduje s adresou senzora, senzor odpovedá ACK bitom. Následne slave zariadenie odošle 8-bitové slovo DATA, ktoré je po úspešnom prijatí potvrdené ACK bitom. Takým spôsobom môže byť prijatý ľubovoľný počet dát. Operácia je ukončená odoslaním zamietnutia NACK a ukončovacieho bitu STOP.

Operácia čítania s adresou interného registra:

Komunikácia sa začína rovnako ako zápis, kde ako dáta je odoslaná adresa interného registra REG potvrdená senzorom. Následne master odošle opakovaný štart RS (repeated start) a komunikácia pokračuje rovnako ako počas čítania.

2.2.2. Adresa senzora a popis registrov

Senzor má prednastavenú adresu 90h

Názov registra	Adresa	Prístup	Popis
LINE_BVAL	00h	R	Hodnota čiar vyjadrená bitmi
LINE_VAL0	01h	R	Aktuálna hodnota čiar 0-7b
LINE_VAL1	02h	R	Aktuálna hodnota čiar 8-15b
LINE_VAL2	03h	R	Aktuálna hodnota čiar 16-23b
LINE_VAL3	04h	R	Aktuálna hodnota čiar 24-31b
S0_LO	05h	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty senzora 0
S0_HI	06h	R	Horný byte aktuálnej hodnoty senzora 0
S1_LO	07h	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty senzora 1
S1_HI	08h	R	Horný byte aktuálnej hodnoty senzora 1
S2_LO	09h	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty senzora 2
S2_HI	0Ah	R	Horný byte aktuálnej hodnoty senzora 2
S3_LO	0Bh	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty senzora 3
S3_HI	0Ch	R	Horný byte aktuálnej hodnoty senzora 3
S4_LO	0Dh	R	Spodný byte aktuálnej hodnoty senzora 4
S4_HI	0Eh	R	Horný byte aktuálnej hodnoty senzora 4
CALIB	55h	W	Kalibračný register
ADR	AAh	W	Nastavenie novej I ² C adresy
ADR_RST	CBh	W	Reset I ² C adresy na prednastavenú

Všetky hodnoty sú kalibrované. Kalibrácia sa vykonáva pomocou registra CALIB, ktorý uloží aktuálne hodnoty čiary a podkladu do internej EEPROM pamäte. Zápisom hodnoty 01h sa uložia hodnoty čiary a zároveň sa predpokladá, že všetky senzory sú umiestnené nad čiarou. Hodnota 02h uloží hodnoty podkladu a zároveň sa predpokladá, že všetky senzory sú umiestnené nad podkladom. Hodnota 03h nastaví prednastavené kalibračné hodnoty.

Poloha čiary je vypočítaná vzťahom

$$line = \frac{0.S_0 + 1000.S_1 + 2000.S_2 + 3000.S_3 + 4000.S_4}{S_0 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4}$$

kde S_0 až S_4 sú kalibrované hodnoty jednotlivých senzorov.

Spojenie horného bajtu a spodného bajtu do 16-bitovej hodnoty:

```
int value = LO | (HI << 8) & 0xFF00;
```

Spojenie štyroch bajtov do 32-bitovej hodnoty:

```
int value = VAL0 | (VAL1 << 8) & 0xFF00 | (VAL2 << 16) & 0xFF0000 |  
            (VAL3 << 24) & 0xFF000000;
```