



Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

AUTONOMNÍ VOZÍTKO

Ondřej Hrubý

VOŠ, SPŠ a JŠ Kutná Hora

Masarykova 197, Kutná Hora

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem praktickou maturitní práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze literatury uvedené v soupisu.

Souhlasím s trvalým umístěním mé práce ve školní knihovně, kde bude k dispozici pro potřeby školy.

V Kutné Hoře dne

.....

podpis

Anotace

Práce obsahuje návrh a realizaci modelu auta. Model je opatřen bezkontaktními senzory polohy. Také je řešen problém řízení stejnosměrných motorů pomocí PWM a také řízení serva. Dále byl napsán vhodný program, který řídí celý model.

Annotation

The work includes the design and implementation of a car model. The model is provided with a non-contact position sensors. It also solves the problem of control of DC motors by PWM and steering servo. It was also written a suitable program that manages the entire model.

Obsah

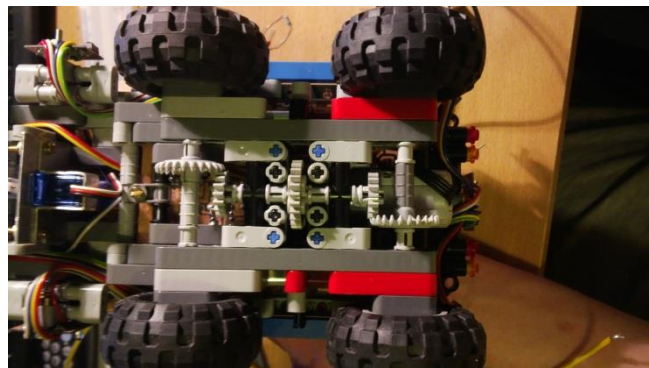
1. Konstrukce
2. Zdroj energie
3. Pohon
 - 3.1. DC motor
 - 3.2. Řízení motoru
 - 3.2.1. PWM regulátor
 - 3.2.2. Elektronický potenciometr
4. IR senzory
 - 4.1. Snímací jednotky
 - 4.2. Vyhodnocovací deska
5. Řízení serva
6. Ultrazvukový senzor
 - 6.1. Zdroj symetrického napětí
 - 6.2. Vysílač
 - 6.3. Přijímač
7. Vyhodnocovací jednotka
 - 7.1. Mikrokontrolér
 - 7.2. Program
8. Výroba plošných spojů
9. Zdroje

1. Konstrukce

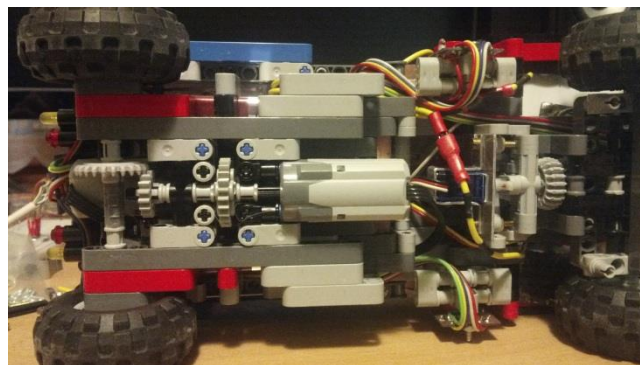
Konstrukce je ze stavebnice Lego technic. Vycházel jsem z modelu (Obr.1), který jsem následně upravil. Výhoda stavebnice je její přesnost a také možnost úpravy modelu během stavby. Konstrukce je také dost pružná, takže snese poměrně velký náraz. Stavebnice obsahuje i ozubená kola, která se hodila při realizaci přenosu pohybového momentu na kola. Auto mělo původně pohon na zadní čtyři kola (Obr.2), ale jelikož jsem nerealizoval diferenciál, tak auto špatně zatáčelo. Z tohoto důvodu jsem pohon upravil pouze na dvě kola a zbylá dvě odstranil. Na místo odstraněné nápravy jsem umístil druhý motor a tím jsem zvýšil výkon pohonu (Obr.3). Ozubené části se také hodily při řízení natočení kol. Kola jsou ovládána hřebenovým převodem.



Obr.1 Původní model



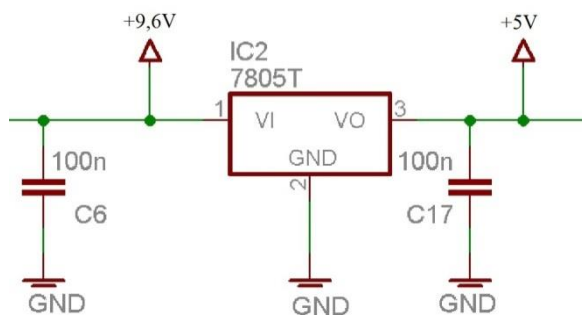
Obr.2 Původní náprava



Obr.3 Nová náprava

2. Zdroj energie

Celý model je napájen dvojitým typem baterií. Motor je napájen dvěma klasickými 9V bateriemi, které jsou umístěny v nákladovém prostoru modelu. Vše ostatní je napájeno dvěma osmičládky, paralelně zapojenými, s napětím 9,6V a kapacitou každého osmičládku 700mAh. Použil jsem dva nezávislé napájecí okruhy kvůli velkým proudovým skokům při sepnutí motoru, které by mohli negativně ovlivňovat ostatní části (např. mikrokontrolér). Osmičládky jsou umístěny nad přední nápravou z důvodu jejího zatížení a tím zlepšení jízdních vlastností (auto lépe zatáčí). Některé části jsou napájeny přímo 9,6V, ale některé části vyžadují napájení 5V. Použil jsem tedy klasické zapojení stabilizátoru LM 7805 (Obr.4). Původně jsem použil



obvod MA 7805, protože má lépe řešené chlazení a o něco větší proudovou zátěžitelnost, ale z nějakého neznámého důvodu nestabilizoval napětí vyšší než 10V. A když plně nabitě baterie mají necelých 11V, byl jsem nucen použít novější verzi stabilizátoru.

Obr.4 Zapojení stabilizátoru

3. Pohon

3.1. DC motor

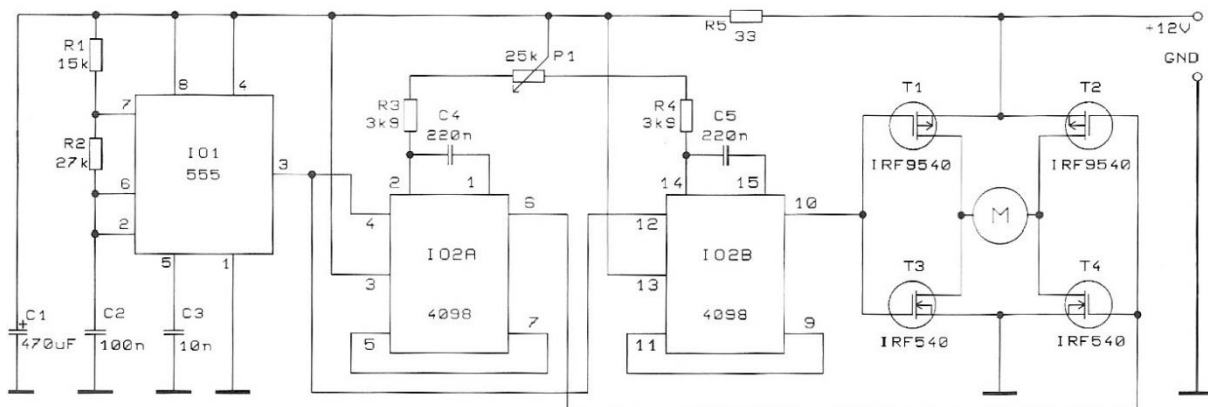
Auto je poháněno dvěma DC motory s planetovou převodovkou 4:1, tím je zajištěn dostatečný moment. Tyto motory byly součástí stavebnice, a tudíž bylo velice snadné je upevnit do konstrukce.



3.2. Řízení motoru

Motor je řízen obousměrným PWM regulátorem. Na ovládání rychlosti je ve schématu použit potenciometr, ten jsem nahradil elektronickým potenciometrem, protože za jízdy nelze s potenciometrem otáčet.

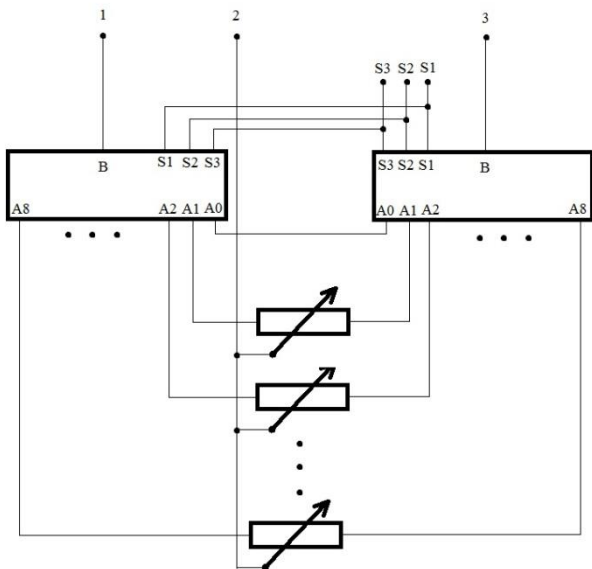
3.2.1. PWM regulátor



Obr.5 Schéma zapojení PWM regulátoru

Obvod je tvořen časovačem 555 zapojeným jako AKLO. Ten generuje periodu PWM signálu (přibližně 200Hz). Následně pracuje do dvou MKLO, které upravují střihu. Časové konstanty těchto MKLO se upravují potenciometrem. Pokud je jezdec potenciometru uprostřed, tedy jsou časové konstanty stejné, motorek se netočí. Pokud vychýlíme jezdec, motorek se otáčí na jednu či na druhou stranu. Z výstupu klopných obvodů je ovládán výkonový regulační můstek H, který je osazený komplementárními výkonovými tranzistory typu MOSFET. Použité tranzistory obsahují i diody, které pohlcují zpětné proudy způsobené indukčností v motorku.

3.2.2. Elektronický potenciometr



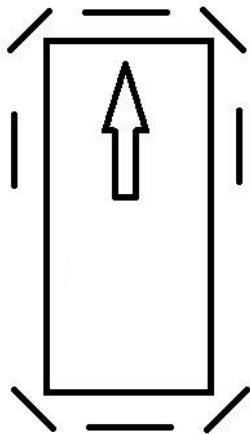
Obr.5 Elektronický potenciometr

Elektronický potenciometr tvoří dva osmikanálové, analogové multiplexery (4051) a sedm trimrů (25k). V principu obvod selektuje trimry na základě tří bitové adresy. Máme tedy celkem osm možností, jak multiplexery nastavit. Auto tedy může jet osmi předem nastavenými rychlostmi. Protože ale auto občas stojí, jeden trimr jsem tedy odstranil a propojil multiplexery přímo.

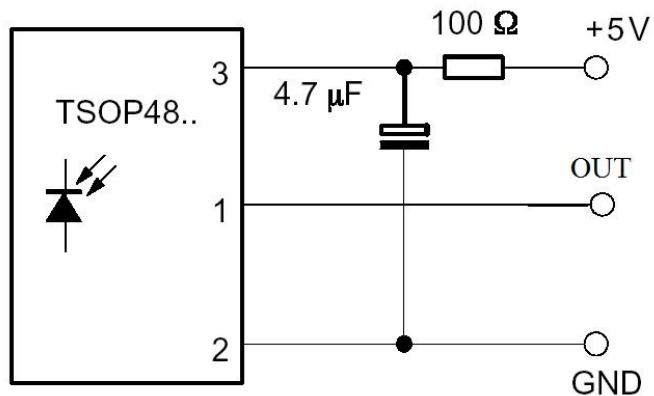
4. IR senzory

4.1. Snímací jednotky

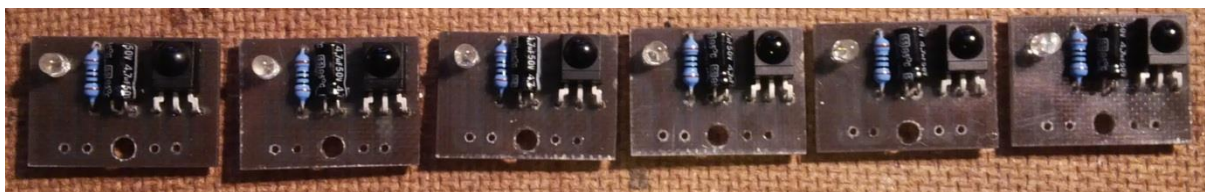
Snímacích jednotek je celkem osm a jsou umístěné po obvodu auta(Obr.5) Na každé jednotce je infradioda a infrasnímač (TSOP4838)(Obr.6). Infradioda vyzařuje lidskému oku neviditelné infrazářením o vlnové délce 940nm a ve vysílacím úhlu 30°. To se následně odrazí od překážky zpět. Pokud před diodou není překážka, světlo se neodrazí, a tudíž ho přijímač nezachytí. Pokud přijímač zachytí infrazářením o jmenovité vlnové délce, objeví se na jeho výstupu úroveň L, když záření nezachytí, je na výstupu úroveň H. Jelikož i běžné denní světlo a žárovky vyzařují infrazářením, které by mohlo ovlivnit senzor, má přijímač ještě jednu podmínku příjmu. Infrazářením musí být vysíláno o frekvenci 38kHz, všechny ostatní druhy infrazářením přijímač eliminuje.



Obr.5 Rozložení senzorů



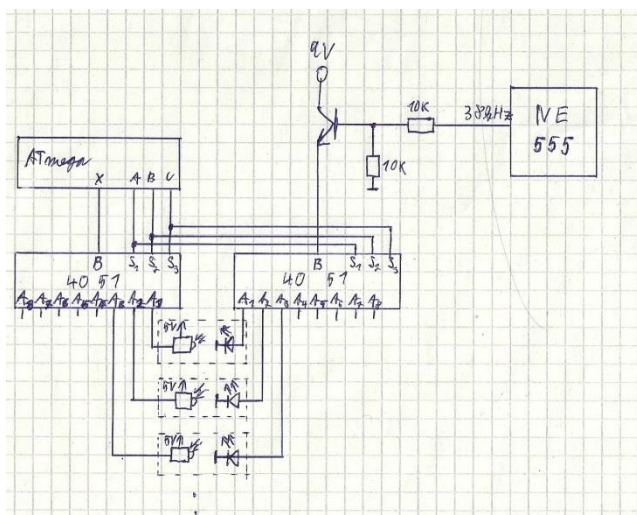
Obr. 6 Zapojení přijímače



Obr.7 Snímací jednotky

4.2 Vyhodnocovací deska

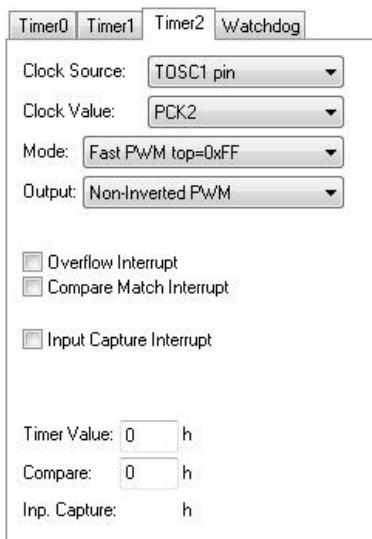
Snímače se vyhodnocují opět multiplexně, podobně jako u elektronického potenciometru. Na desce jsou dva analogové multiplexery (4051) a obvod s NE555 v zapojení AKLO (Obr.8). Obvod s NE555 generuje obdélníkový signál o frekvenci 38kHz, ten je následně přes tranzistor zesílen na signál o amplitudě 9,6V. Tyto impulsy jsou přes mutiplexer přivedeny na infradiodu. Mutiplexery se opět nastavují tří bitovou adresou. Celkem tedy stačí pouze čtyři vodiče připojené k mikrokontroléru na vyhodnocování osmi snímačů.



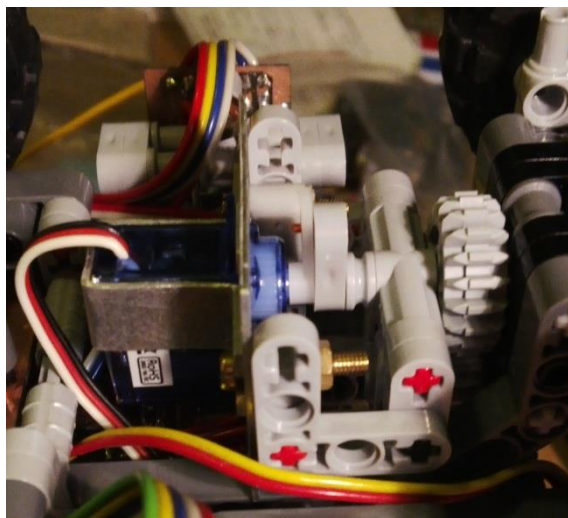
Obr.8 Vyhodnocovací deska infrasenzorů

5. Řízení serva

Použil jsem klasické modelářské servo se třemi vývody, dva na napájení (+5V a GND) a jeden řídicí. Na řídicí vývod je třeba přivést PWM signál s periodou 20ms a střídou 5-10%. Pokud je střída 5% je servo natočeno zcela doleva a pokud je 10%, je natočeno zcela doprava. Servo je řízeno časovačem v mikrokontroléru ATmega16, ale s použitím vnějšího čítače. Použil jsem časovač č.2 s následujícím nastavením (Obr.9). Zdroj hodinového signálu jsem nastavil z pinu TOSC1 bez předděličky a mód časovače je Fast PWM s hodnotou přetečení 256. Vnější čítač tvoří krystal (3,2768 MHz) a čítač (4060) zapojený jako několikanásobná dělička dvěma. Potřebná perioda je 20ms, hodnota čítače je 256 a proto jsem použil výstup z čítače na kterém je signál s frekvencí 12800 Hz, to vyplývá ze vztahu: $\frac{1}{0,02} * 256 = 12800$. V programu se pak upravuje střída zapisováním hodnoty do proměnné OCR2. Zkoušením jsem zjistil že servo je vystředěné, když je hodnota OCR2=16.



Obr.9 Nastavení časovače

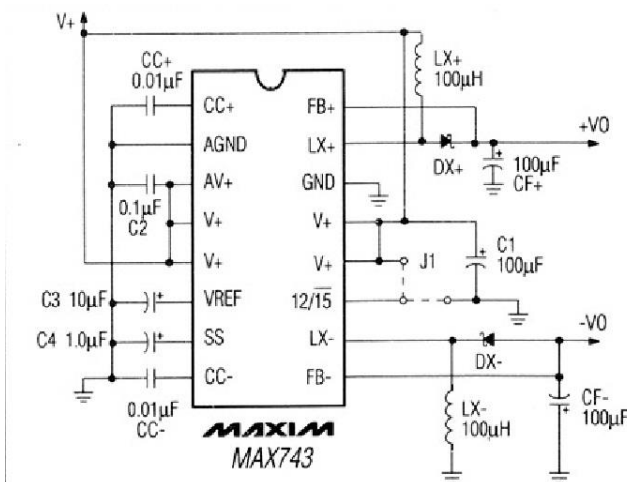


Obr.10 Zapojení serva

6. Ultrazvukový senzor

6.1. Zdroj symetrického napětí

Většina částí senzoru vyžaduje symetrické napětí $\pm 12V$, to zajišťuje jediný IO (MAX743).

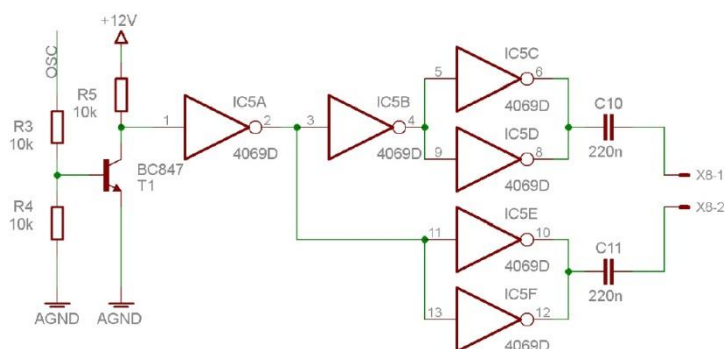


Obr.11 Zapojení symetrického zdroje

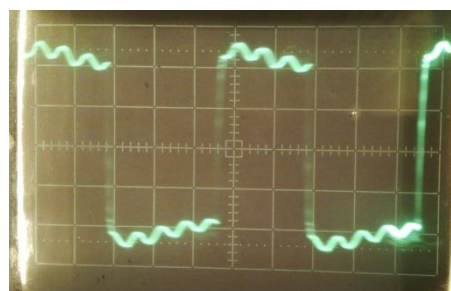
Tento IO umožňuje translaci napětí z nesymetrických 5V na symetrických 12 nebo 15V. Použil jsem doporučené zapojení, které udává výrobce (Obr.11). Jedinou nevýhodou tohoto obvodu je jeho vysoká cena, ale má velmi malý odběr v klidovém stavu, dobrou stabilitu výstupního napětí a poměrně velkou proudovou zatížitelnost.

6.2. Vysílač

Vysílač generuje ultrazvuk, který se šíří vzduchem před auto a pak se od případné překážky odrazí zpět do přijímače. Vysílač tvoří stejně jako u řízení serva, krystal (10,24 MHz) a čítač (4060). Resetovacím vstupem na čítači se zapíná/vypíná vysílač. Výstupní signál z čítače má frekvenci 40kHz (tj. rezonanční kmitočet piezoměničů), ten je následně přes tranzistor zesílen na signál o amplitudě 12V. Obdélníkový signál, nyní již o vyšší amplitudě, je přiveden na dva invertory, čímž jsou vytvořeny dva signály o opačné fázi. Tyto dva signály jsou každý proudově posíleny dvojicí paralelně zapojených invertorů. Výsledné proudově posílené signály s opačnými fázemi a amplitudou 12 V jsou přivedené přes oddělující kondenzátory na měnič. Kondenzátory slouží k oddělení stejnosměrné složky budícího signálu. Tím, že je signál buzen v protifázi, je výstupní amplituda na měniči 24 V (Obr.13), což je důležité kvůli vyššímu výkonu generovaného signálu. Invertory jsou realizované obvodem CD4049.



Obr.12 Zapojení vysílače

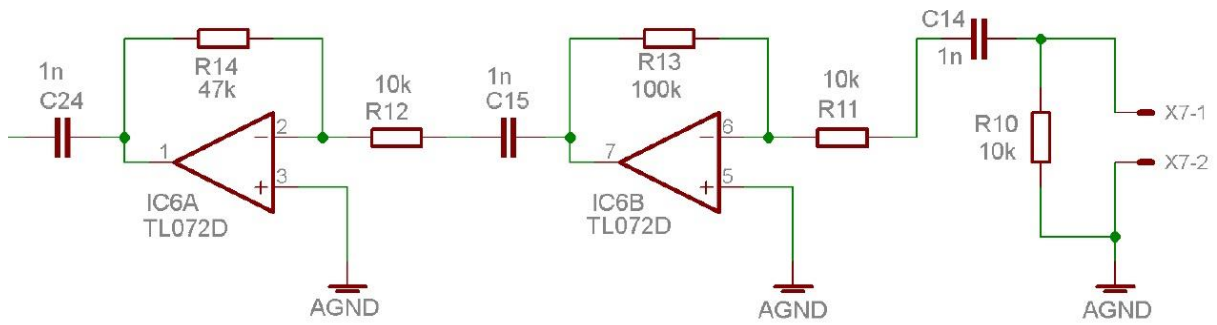


Obr.13 Výstupní průběh

6.3. Přijímač

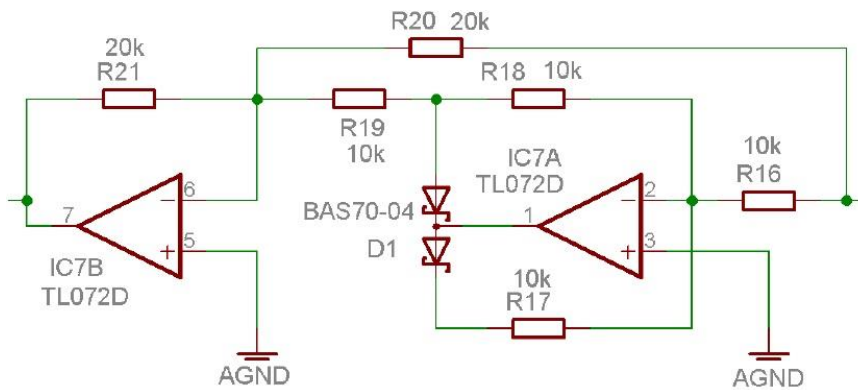
Přijímač se skládá ze čtyř částí: zesilovač, usměrňovač, filtr a komparátor. Všechny části jsou sestaveny z operačních zesilovačů napájené $\pm 12V$.

Piezoměnič na vstupu přijímá pouze ultrazvuk o frekvenci 40kHz, ovšem tento signál je dost slabý, proto je první částí dvoustupňový zesilovač (Obr.14). Celkové zesílení obou stupňů je 47 (33,4 dB).



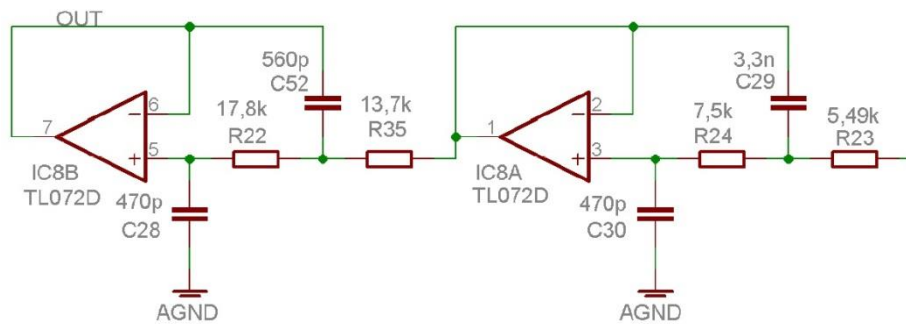
Obr.14 Přijímač - dvoustupňový zesilovač

Druhou částí je dvoucestný usměrňovač (Obr.15), ten má na svém výstupu signál bez záporných půlvln, které překlolí.

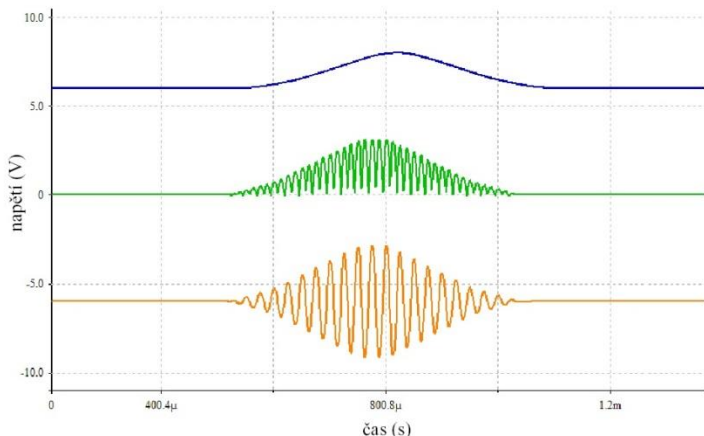


Obr.15 Přijímač – dvoucestný usměrňovač

Ve třetí části je signál vyfiltrován. Odstraní se z něj střídavá složka pomocí aktivního filtru typu dolní propust (Obr.16). Všechny vyšší frekvence než 20kHz jsou tlumeny a na výstupu je stejnosměrný signál (Obr.17).



Obr.16 Přijímač – aktivní filtr typu DP



Obr.17 Přijímač - postupná úprava signálu (simulace)

Poslední částí je komparátor opět realizovaný pomocí OZ, tento je ale na rozdíl od ostatních napájen +5V. Signál z filtru je přiveden na neinvertující vstup. Na invertujícím vstupu je napět'ový dělič, který nastavuje referenční napětí. Pokud je signál z přijímače větší, než nastavené referenční napětí (tzn. před autem je překážka), je na výstupu komparátoru přibližně 5V (úroveň H). Když je větší referenční napětí, na výstupu je úroveň L.

Čím je překážka blíží, tím větší je signál na neinvertujícím vstupu komparátoru. Potenciometrem na invertujícím vstupu lze tedy upravit vzdálenost, při které se překloupí komparátor.

7. Vyhodnocovací jednotka

7.1. Mikrokontrolér

Pro řízení celého modelu jsem použil mikrokontrolér ATmega16, protože s těmito jednočipy jsme pracovali ve škole a mám k nim nejbližší. Do mikrokontroléru vede jen pár vodičů, a proto by bylo možné použít i čip ATmega8 s menším počtem vývodů, ale použil jsem ATmega16, protože jsem jeden měl doma. Do mikrokontroléru vedou tedy 4 kabely z infrasenzorů (3 adresové a 1 vstupní), 3 adresové kabely z PWM regulátoru, 2 kabely z ultrazvukového senzoru (1 spouštěcí a 1 přijímací) a dva jsou potřeba na řízení serva (1 na externí čítač a 1 výstupní). To je celkem 11 pinů, které jsou pro správný chod nezbytné. K čipu jsou ještě připojeny LED diody, které signalizují přítomnost překážek.

7.2. Program

Program jsem psal v prostředí Code Vision. Použil jsem nástroj CodeWizardAVR, pomocí kterého lze jednoduše nastavit základní parametry mikrokontroléru (nastavení vstupů/výstupů, časovačů, sériové komunikace, A/D převodníků...). Pro mou aplikaci jsem využil pouze nastavení vstupů/výstupů a časovače (viz. kapitola 5.). Následně jsem deklaroval proměnné, kterých je celkem 10. Devět z nich jsou proměnné, do kterých se zapisují hodnoty ze snímačů a jedna je pomocná do které se zapisuje hodnota OCR2 (natočení serva). Samotný

```

PORTA.1=0;PORTA.2=0;PORTA.3=0;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){SP=1;PORTD.0=0;}
if (PINA.0==1){SP=0;PORTD.0=1;}

PORTA.1=1;PORTA.2=0;PORTA.3=0;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){PP=1;PORTD.1=0;}
if (PINA.0==1){PP=0;PORTD.1=1;}

PORTA.1=0;PORTA.2=1;PORTA.3=0;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){P=1;PORTD.2=0;}
if (PINA.0==1){P=0;PORTD.2=1;}

PORTA.1=1;PORTA.2=1;PORTA.3=0;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){PZ=1;PORTD.3=0;}
if (PINA.0==1){PZ=0;PORTD.3=1;}

PORTA.1=0;PORTA.2=0;PORTA.3=1;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){SZ=1;PORTD.4=0;}
if (PINA.0==1){SZ=0;PORTD.4=1;}

PORTA.1=1;PORTA.2=0;PORTA.3=1;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){LZ=1;PORTD.5=0;}
if (PINA.0==1){LZ=0;PORTD.5=1;}

PORTA.1=0;PORTA.2=1;PORTA.3=1;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){L=1;PORTD.6=0;}
if (PINA.0==1){L=0;PORTD.6=1;}

PORTA.1=1;PORTA.2=1;PORTA.3=1;
delay_ms(3);
if (PINA.0==0){LP=1;PORTB.7=0;}
if (PINA.0==1){LP=0;PORTB.7=1;}

PORTC.0=0;
delay_ms(10);
if (PINC.1==1){UZ=0;PORTB.6=1;}
if (PINC.1==0){UZ=1;PORTB.6=0;}
PORTC.0=1;

```

program je napsán v jedné nekonečné smyčce. Na začátku se sbírají informace ze senzorů. Nejprve z infrasenzorů. Nastaví se 3 bitová adresa jednoho senzoru, takže vysílá pouze jedna infradioda a přijímá pouze jeden přijímač nastaveného senzoru. V další fázi je 3ms prodleva, aby se stačilo vše nastavit a infradioda začala skutečně vysílat. Následně se zjišťuje informace z přijímače a zapisování do proměnné. Pokud je na výstupu ze snímače úroveň H do proměnné se zapíše hodnota 0 (tj. senzor nezaznamenal překážku), pokud je tomu obráceně, zapíše se hodnota 1. Tím končí snímání z jednoho senzoru, nastaví se adresa druhého senzoru a proces probíhá znovu. Takhle se nasbírají informace ze všech senzorů, akorát u ultrazvukového senzoru je časová prodleva logicky delší (10ms). Nyní jsou v proměnných aktuální hodnoty o překážkách. V další fázi programu jsou pouze podmínky nejčastějších kombinací senzorů. Pokud je podmínka kombinace splněna vykoná se nastavení rychlosti a směru kol, vhodného pro danou kombinaci (Obr.19). Tím je program na konci nekonečné smyčky a vrací se na začátek, kde aktualizuje hodnoty ze senzorů. Program aktualizuje všechny hodnoty jednou za přibližně 40ms.

Obr.18 Snímání ze senzorů

```

if (SP==0&PP==0&P==0&PZ==0&SZ==0&LZ==0&L==0&LP==0){PORTA.4=0;PORTA.5=0;PORTA.6=0;i=16;};

```

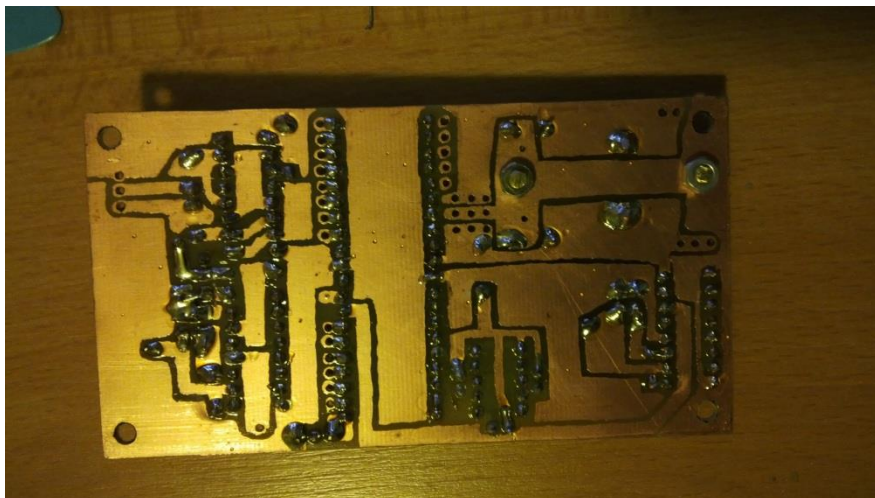
Obr.19 Podmínka kombinace

8. Výroba plošných spojů

Při výrobě plošných spojů jsem postupoval takto:

1. Navrhl jsem desku v programu Eagle a pak vytiskl na papír.
2. Vyřízl jsem a zbrousil desku do požadovaných rozměrů.
3. Přiložil jsem papír s návrhem na desku ze strany mědi a vyvrtal jsem díry na příslušných místech.
4. Následně pomocí trubičkového pera naplněného barvou na kůži jsem zabarvil místa, která měla zůstat vodivá.
5. Po 5 hodinovém tvrzení barvy se mohla deska ponořit do chloridu železitého, který vyleptal nezabarvená místa.
6. Po vyleptání jsem desku omyl a potřel kalafunou rozpuštěnou v acetonu.

7. Když kalafuna zatuhla, bylo možné desku osadit.



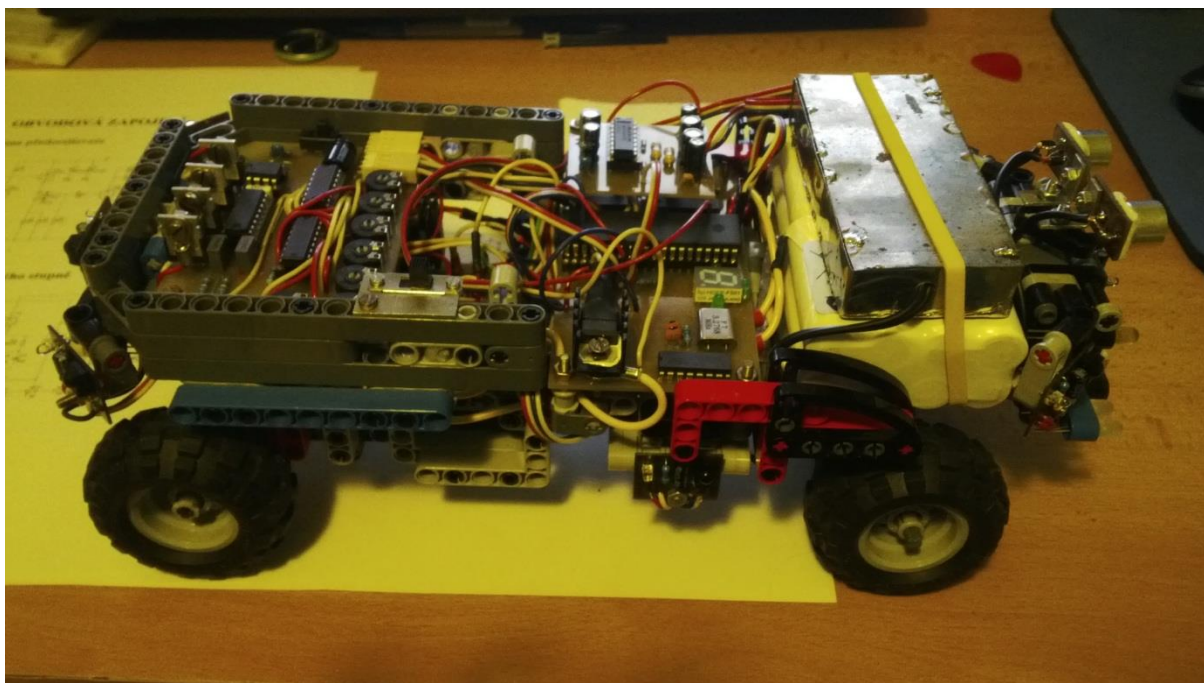
Obr.20 Ukázka plošného spoje

9. Zdroje

Učební portfolio o regulaci otáček stejnosměrných motorů;

Diplomová práce Ing. Michala Giemzi o ultrazvukovém měření vzdálenosti;

Datasheety jednotlivých integrovaných obvodů;



Obr.21 Finální podoba