

ROBOT CENTURY

Tomáš SOLARSKI, Bc.

www.solarskit.wz.cz

Century je robot kategorie **Pathfollower**. Jedná se tedy o stopaře sledujícího vodící čáru. Robot byl navržen a realizován pro bratislavskou soutěž robotů **ISTROBOT 2008** [1] pořádanou přes FEI STU. Robot mechanickým konceptem vychází z fotbalového robota z projektu *Strategického řízení s multiagenty FEI VSB-TU Ostrava*. Elektronicky však navazuje na robota *Roby-Path-Follower* [3] respektive robota *Bob*[10], jedná se hlavně o řízení MCU ATmega16 a snímače čáry CNY70.

Některé vlastnosti a zajímavosti robota:

Řízení	AVR ATmega16
Takt	16MHz (16MIPS)
Compiler/IDE	GCC (WinAVR) + AVR Studio 4
Napájení	4 x NiMH 1100mAh
Motory	2 x Faulhaber 6V
Snímače:	
Čára	8 x optoreflexní závora CNY70
Překážka	SFR05 – ultrazvuk 40kHz
Enkoder	kvadraturní integrovaný v motoru, 512 tiků na otáčku

Pathfollower je kategorie robotů sledujících kontrastní vodící čáru. Pro nastolení reálnějších podmínek se na čáře vyskytují překážky. Na soutěži Istrobot se v kategorii Pathfollower vyskytují 3 typy překážek: přerušená čára, tunel a cihla. Robot musí vše překonat a dojet do cíle. Trasa vodící čáry připomíná okruh a snahou robota je jí projet v co nejkratším čase, včetně překonání překážek.

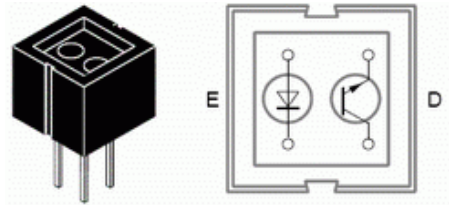
Čára je 15mm široký černý pásek nalepený na bílém podkladu (obvykle izolační páska na dýhované dřevotřísece). Pro sledování čáry se tedy využívá reflexních vlastností bílého podkladu, při čemž černá čára světlo pohlcuje. Překážky jsou na čáře umístěny, aby tuto úlohu komplikovaly. Tunel mění osvětlení v oblasti čáry, robot tedy projíždí část soutěžní tratě bez přítomnosti okolního osvětlení. Robot čáru nejenže musí sledovat, ale musí být schopen jí i najít, tuto schopnost testuje přerušeni čáry. Poslední a velmi těžký úkol pro robota je překonat cihlu (jedná se opravdu o kus zdiva). Cihla je umístěna přímo na čáře a robot jí musí objet a dále navázat na vodící čáru a dojet do cíle, resp. zpět na start.

SNÍMAČE

Robot pro svůj účel potřebuje několik odlišných typů senzorů a to jak interních tak externích. Výstupy všech senzorů jsou přivedeny na MCU, který jejich data analyzuje a na jejich základě řídí chod robota.

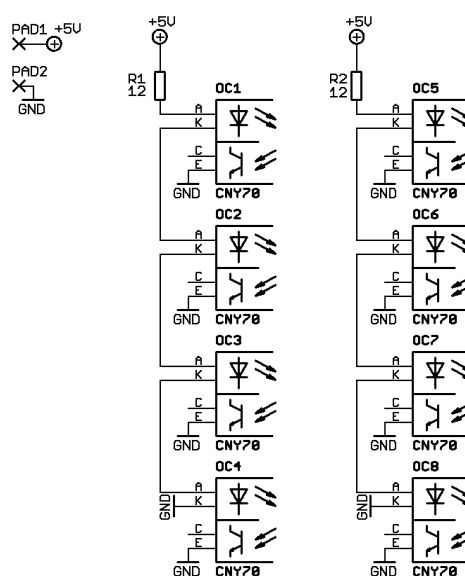
SNÍMAČ ČÁRY

Snímač čáry je externí senzor pro zajištění primární funkce robota. Základním prvkem je optoreflexní závora s tranzistorovým výstupem Vishay CNY70, pracujícím v infračervené oblasti spektra okolo vlnové délky 950nm. CNY70 je složen z infraLED a fototranzistoru.



Obr 1 Optoreflexní závora Vishay CNY70 použita v subsystému senzoru čáry

Celý snímač na čáru je složen z osmi kusů senzorů OC1 až OC8 CNY70 a jeho šířka odpovídá šířce přední části konstrukce robota. CNY70 je složen s infra LED, která emituje světlo pro tranzistorový detektor, Jedná se tedy o senzor aktivní, který obsahuje zdroj světla. Báze tranzistoru je vlastně přijímač, který sepne tranzistor, pokud na jeho bázi dopadá světlo. Princip detekce čáry je ve vlastnosti bílého materiálu světlo odrážet (i infra). Pokud je CNY70 blízko bílého povrchu a emitační LED svítí, tranzistor sepne. Při černé čáře, která světlo pohltí, zůstane tranzistor rozepnut. Na obr 2 je zapojení celého snímače. Přijímací tranzistory jsou emitorem připojeny na zem, takže při bílém povrchu je tranzistor sepnut a na jeho kolektoru je zem. Z kolektorů se odebírá přímo logický signál pro MCU (není zakreslen žádný konektor, vodiče se napájí přímo na nožičku OC1 až OC8). Při detekci čáry je tranzistor rozepnut (světlo je pohlceno čarou) a logická úroveň je zvednuta k napájecímu napětí 5V, je detekována čára. Jako pull-upy je řazena odporová síť RN1 o hodnotě 22k, která byla optimalizována pro tento daný typ aplikace. Jedná se hlavně o logickou kompatibilitu s MCU. Při odrazu od bílé desky je hodnota výstupního napětí cca 250mV a při detekované čáře je cca 3,7V -> což MCU interpretuje jako logické úrovně L a H.



Obr 2 Schéma snímače čáry, logický signál je odebrán z kolektorů (C) přijímacích fototranzistorů

Závory OC1 až OC8 směřují dolů k podložce a jsou velmi těsně nad ní (1 až 2 mm). Senzor čáry se připojuje na Port C a jeho hodnota je načtena jako byte. Senzor pracuje tak, že pokud je čára jen na úplně levém snímači OC1 je načtená hodnota 1000 0000b (128d) a pokud je jen na úplně pravém senzoru OC8, pak je načtená hodnota 0000 0001b (1d). Pozice čáry je tedy MCU načtena jako pozice bitů v byte. Snímač čáry se na MCU připojuje přes konektor SV6 (MLW10).

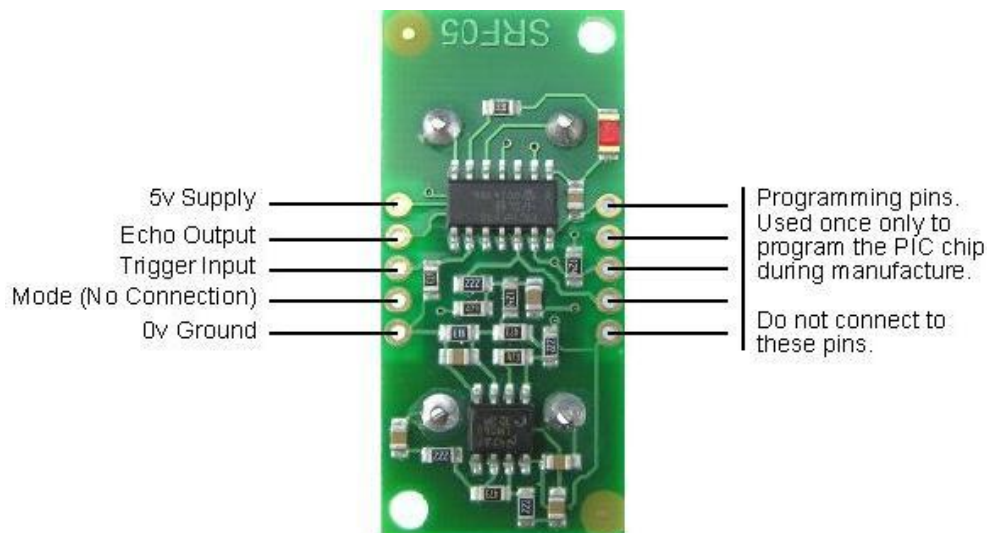
SNÍMAČ PŘEKÁŽKY

Externí snímač pro detekci předmětu, resp. cihly. Snímač je založen na hotovém produktu v podobě ultrazvukového dálkoměru SFH05 [5]. Jedná se o kompaktní modul pro měření vzdáleností od 3cm do 4m. Prakticky bylo zjištěno, že se dá měřit i kolem 1 cm. Robot senzor používá na detekci cihly a to jen na její vzdálenost od robota, nijak se přesně neměří její rozměry atp. Snímač lze zakoupit na [6].

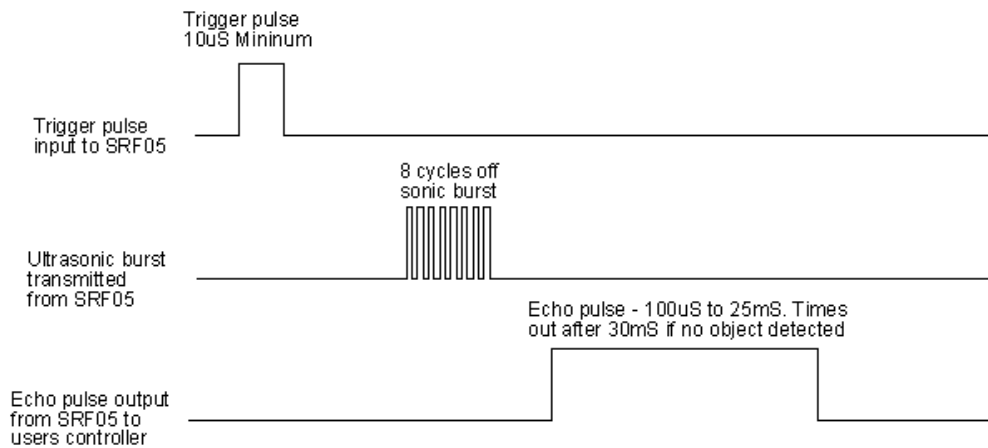


Obr 3 Kompaktní modul ultrazvukového snímače vzdálenosti SFR05

SFR05 pracuje zcela samostatně a je možno jej napojit na MCU jen jedním vodičem. V robotovi je použito připojení pomocí dvou vodičů a to Trigger a Echo (pin Mode právě volí možnost připojení). Trigger je vstup, a impuls minimální délky $10\mu\text{s}$ způsobí, že modul SFR05 zahájí měření vzdálenosti. Naměřená vzdálenost je pak v podobě impulsu na výstupu Echo. Délka impulsu pak odpovídá časové délce echa, která trvá od vyslání signálů k jeho opětovnému zachycení.



Obr 4 Zapojení pinů SFR05, na MCU se může napojit jen jedním pinem



Obr 5 Časový diagram činnosti ultrazvukového snímače SRF05.
Po spuštění odešle dávku 8mi period ultrazvuku
a čeká na zachycení odrazu.

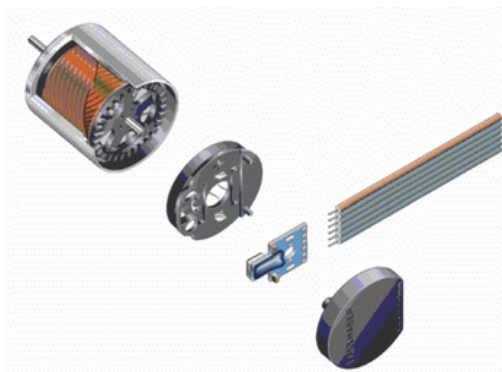
Délka impulsu na vstupu Trigger je minimálně $10\mu\text{s}$. Poté modul vyčká určitý čas a vyšle dávku (burst) osmi period o frekvenci 40kHz pomocí vysílacího piezoměniče. Po odeslání zvukové vlny nastaví výstup Echo do H. Výstup Echo přejde zpět do L, až je zachycen odraz vlny (echo) nebo po uplynutí doby 30ms , která znamená, že není žádný objekt v dosahu. Měřením délky trvání impulsu na výstupu Echo, tedy dostáváme vzdálenost k objektu (je však nutno dělit dvěma, jelikož se měří čas zvukové vlně tam i zpět). Vzdálenost s pak stanovíme jednoduše dle vztahu:

$$s = v \cdot \frac{t}{2}$$

Kde v je rychlost zvuku (při 25°C je $346,3\text{ m/s}$ [7]) a t je délka impulsu, tedy čas cestování akustické vlny (mimo $t > 30\text{ms}$ – není detekován žádný odraz). Ultrazvukový senzor se k MCU připojuje pomocí konektoru CON1.

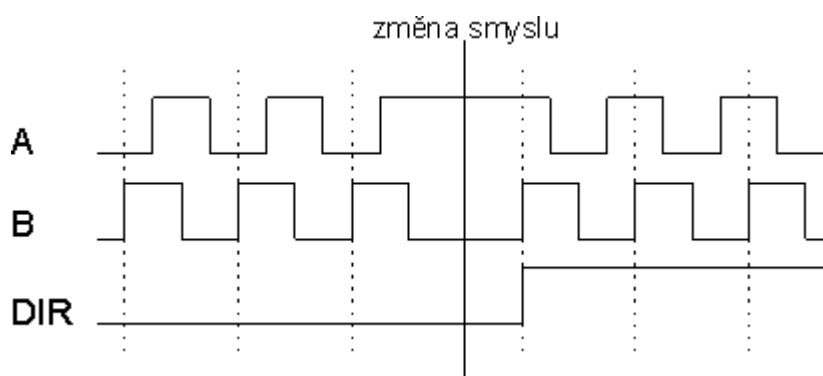
ENKODER

Enkoder, neboli snímač otáček, je typický interní senzor, je použit pro regulaci otáček a odometrii (lokální navigaci). Snímač otáček motorů je integrován v motorech Faulhaber. Jedná se o kvadrurní senzor na indukčním principu s rozlišením 9 bitů. Takto vybavený motor je velkou výhodou a s 512 tíky na otáčku se dá realizovat diskretní regulátor s velmi malou periodou vzorkování (v Century je $T_s = 5\text{ms}$).



Obr 6 Snímač otáček na motoru Faulhaber je umístěn na jeho konci jako přídavný modul.

Zpracování signálů z enkoderů je provedeno pomocí externích přerušení na MCU a pomocí časovače. Na základě kvadrurního signálu se v rutině přerušení inkrementuje nebo dekrementuje proměnná a v časových intervalech (perioda vzorkování T_s) se zjišťuje rozdíl oproti minulé hodnotě.



Obr 7 Kvadrurní signál a znázornění změny smyslu otáčení

Kvadrurní signál je složen ze dvou signálů A a B, navzájem posunutých o 90° ($\pi/2$), ve frekvenci těchto signálů je skryta rychlost otáčení a v jejich vzájemné fázi pak směr otáčení. Pokud sledujeme náběžnou hranu signálu A (Obr 7) vidíme, že je na signálu A log.0. Po změně smyslu otáčení je pak signál A vždy v log.1, když je náběžná hrana na B.

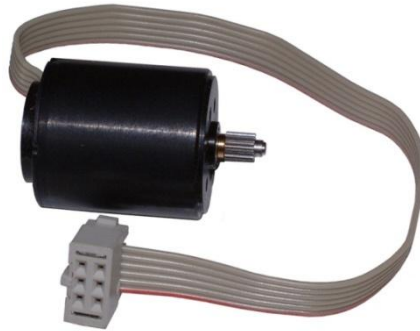
MĚŘENÍ NAPĚTÍ

Interní senzor pro měření napájecího napětí, v podobě AD převodníku. Je použit pro zamezení hlubokého vybití napájecích akumulátorů, resp. pokles napětí na nich pod dovolenou úroveň pro napájení MCU (4,5V). Je tvořen odporovým děličem R5 a R6, plus pro filtraci C9.

POHON

Pohon robota je realizován jako diferenční se dvěma pojezdovými koly a třetím opěrným bodem v podobě kluzné plochy (plastový nýt). Použité motory jsou stejnosměrné s ušlechtilým komutátorem Faulhaber 2224U006SR IE2-512. Výhodou motoru je integrovaný snímač otáček s kvadrurním výstupem s kompatibilitou k TTL a CMOS, dále pak vysoká účinnost, malé rozměry a hmotnost. Motory patří do kategorie „HighEnd“ a jejich cena se pohybuje kolem 50£, jedná se ale opravdu o velmi kvalitní motory s vysokou účinností. Každý motor je vybaven šestipinovým konektorem

MLW6, kde dva signály jsou vývody motoru, dva jsou napájení interní elektroniky kvadrurního snímače a poslední dva jsou výstupy A a B, které nesou kvadrurní signál. A a B jsou TTL/CMOS kompatibilní, elektronika motoru obsahuje i obvody zpracování, proto se A a B připojí přímo na MCU.



Obr 8 DC motor Faulhaber s integrovaným kvadrurním enkoderm

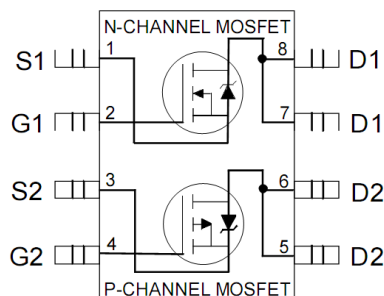
Součástí pohonu je i převodovka a pojezdové kolo. Převodovka je tvořena pastorkem na hřídeli motoru a ozubeným kolem na kole pojezdovém. Hlavní díly kola jsou zakázkově vyrobeny na CNC.



Obr 9 Kolo robota Century, 1 – pojezdové kolo i s pneumatikou, 2 – šrouby M2, které drží celek kola pohromadě, 3 – ozubené kolo, 4 – unašeč, 5 – mezikruží, 6 – ložiska.

BUDIČ MOTORŮ

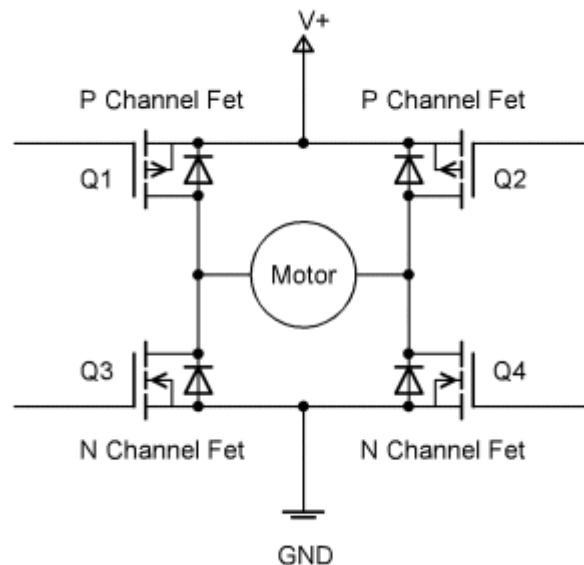
Robot je napájen jen jedním napájecím napětím (4 x NiMH), proto lze realizovat jednoduchý budič motorů s komplementárních dvojic MOSFET, bez nutnosti přizpůsobit napěťové hladiny. Jako budič pro každý motor je použita dvojice integrovaných N a P MOSFETů v jednom pouzdře IRF7343 (Q2 až Q5). IRF7343 je komplementární pár N a P MOSFETu v pouzdře SO8.



Obr 10 IRF7343 je komplementární dvojice N a P MOSFET.
V robotovi je pomocí nich realizován budič motorů

Budič motoru je zapojen v klasickém H můstku, kde v horní části je tranzistor P a ve spodní N. Gate elektrody jsou spojeny dohromady, a pro definování klidového stavu jsou taženy k L pomocí rezistorů

R4, R12 až R14. Spojením gate elektrod dohromady a ovládním jich logickým signálem dostáváme výkonové hradlo, které převádí nízko-výkonový signál od MCU na signál s malým výstupním odporem, který přímo řídí motor.

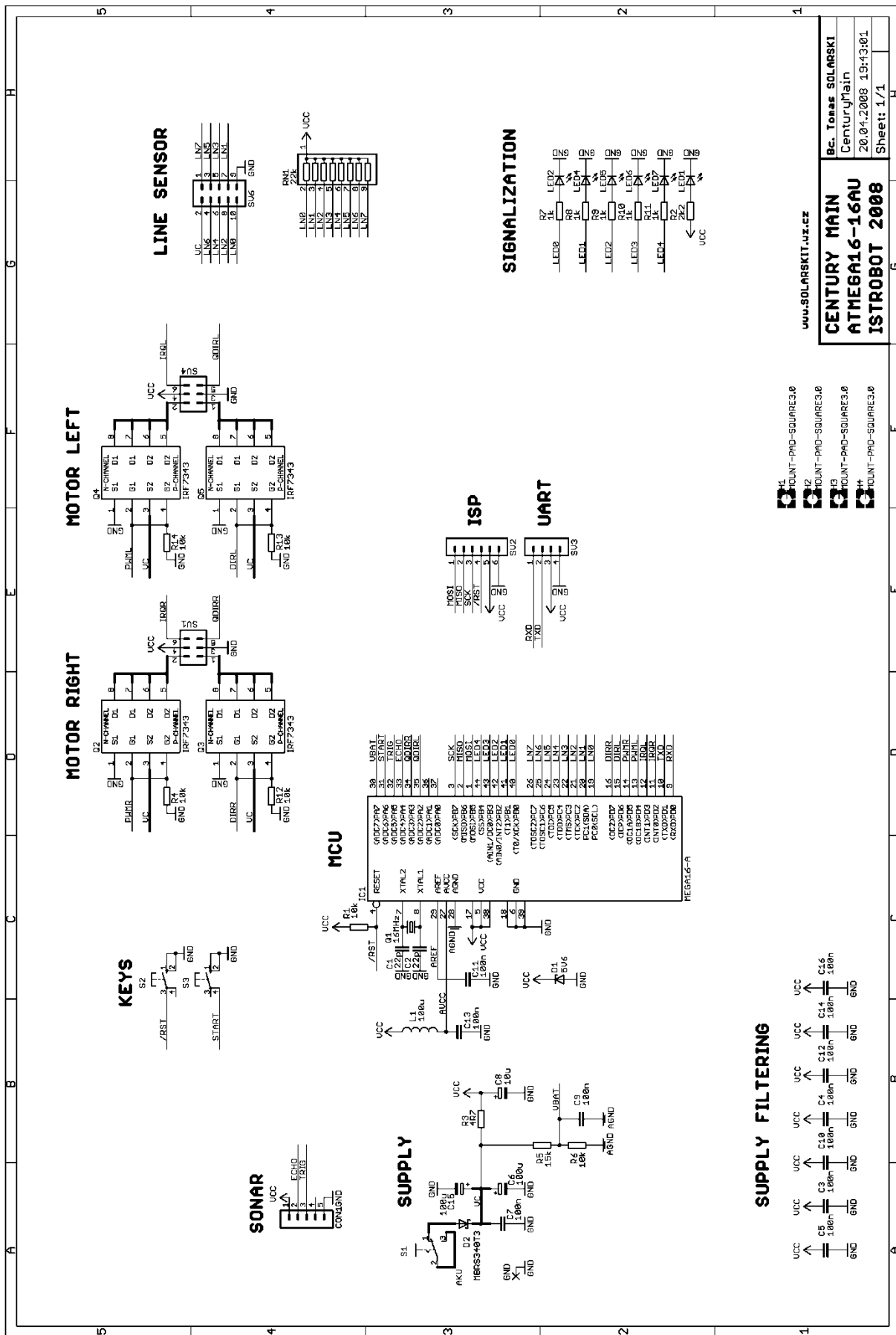


Obr 11 Schéma zapojení samotného budiče motorů
Q1, Q3 a Q2 a Q4 jsou v jednom pouzdru obvodu IRF7343

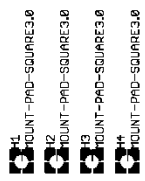
ELEKTRONIKA

Schéma celkového zapojení elektroniky robota Century je na obr 10 (mimo snímače čáry). Robot je napájen 4 x NiMH (jsou použity dva akupacky 1000mAh a 1100mAh, hlavní a záložní) a není použit žádný stabilizátor. Akumulátory se připojují na svorku GND a plus se napájí přímo na spínač S1. Proti přepólování je zařazena schottkyho dioda D2. MCU je napájen až za rezistorem R3, který společně s C8 tvoří filtr napájení pro MCU, který je tedy napájen nestabilizovaným napětím a jako ochranu proti vysokému napětí používá zenerovu diodu D1. Napájení, které je rozvedeno po plošném spoji robota, je silně filtrováno sérii kondenzátorů 100n (na schématu sekce supply filtering).

MCU je v katalogovém zapojení, kde R1 je pull-up pro resetovací pin, resetovat procesor lze tlačítkem S2. L1 a C13 je filtr napájení pro interní AD převodník, který měří napájecí napětí (pomocí děliče R5 a R6, C9 je pro filtraci). Jako referenční napětí je použita interní reference 2,56V s filtrací v podobě C11. Pro programování procesoru je použit konektor SV2, jedná se o rozhraní ISP – In System Programming. SV3 je konektor pro připojení počítače – UART. Pro signalizaci procesů v MCU je robot doplněn sérií LED. LED1 (modrá) signalizuje přítomnost napájení, tedy že je robot zapnut. LED2 (zelená) signalizuje měření časovačem 0 (10 μ s), který je použit u měření vzdálenosti ultrazvukem. LED4 (červená) signalizuje nízké napájecí napětí, rozsvítí se při poklesu pod 4,5V, tedy pod hodnotu minimálního napětí MCU, který pracuje na 16MHz. LED5 (zelená) signalizuje vzorkovací periodu $T_s = 5$ ms. LED6 (červená) signalizuje sledování čáry, když robot sleduje čáru. LED7 (modrá) je pro signalizaci běhu procesoru, bliká s periodou 300ms. Tlačítko S3 slouží pro zahájení sledování čáry (start), po jeho stisku se čeká 1s a pak robot začne sledovat, nebo vyhledávat čáru.



Obr 12 Schéma elektroniky robota Century.



MCU

Výpočetní výkon robota je MCU firmy Atmel s jádrem AVR 8bit RISC [4] ATmega16-16AU (pouzdro TQFP44). MCU je ve výrobce doporučeném zapojení. Úkolem MCU je sběr dat, jejich vyhodnocení a řízení robota na základě algoritmů strategie. Použité periferie jsou I/O, AD převodník, časovače 0 a 2, PWM (časovač 1), externí přerušeni, UART a EEPROM. Pomocí Fuse bits (konfigurační nastavení) je MCU nastaven na externí krystal a pracuje tedy s taktem 16MHz.

Program pro MCU je realizován v jazyce C a pomocí vývojového prostředí AVR Studio [11] s compilerem WinAVR [12].

ALGORITMUS SLEDOVÁNÍ ČÁRY

Snímač čáry je připojen na Port C (nutno pomoci Fuse bits odpojit JTEG interface). Algoritmus je založen na znalostním regulátoru a je realizován pomocí konstrukce s větvením programu pomocí switch/case. Takto se nastavují jednotlivé rychlosti kol v závislosti na pozici čáry vůči snímači čáry.

```
switch ( Line() )
{
    case 0b10000000:
        speedDemandL = 5;
        speedDemandR = 90;
        break;
    case 0b00000010:
        speedDemandL = 80;
        speedDemandR = 40;
        break;
    case 0b00010000:
        speedDemandL = 62;
        speedDemandR = 75;
        break;
    case 0b00011000:
        speedDemandL = 62;
        speedDemandR = 62;
        break;
    default:
        speedDemandL = 35;
        speedDemandR = 35;
}
```

V ukázce zdrojového kódu je vidět je část celého algoritmu, jedná se o pouhé přiřazení kombinace čáry vůči snímači čáry na požadovanou rychlost, která se aplikuje v momentu, kdy se spustí algoritmus regulace, tedy co vzorkovací periodu T_s . Konkrétní hodnoty byly stanoveny experimentálně a celý úspěch tkví v testování tohoto algoritmu a ladění konstant pro jednotlivé případy (case).

Jedná z překážek na čáře je přerušeni čáry (část vodící čáry chybí, je zde bílé místo). Robot tuto překážku překoná rovnou jízdou s předpokladem, že čára je přerušena na rovném úseku. Nejedná se zde o žádné aktivní vyhledávání čáry, ale jen o kalkulaci, že bude přerušena na rovném úseku.

ALGORITMUS OBJETÍ CIHLY

Součástí je i algoritmus měření vzdálenosti, kde se používá ultrazvuk. Měření se spouští každých 50ms. Měření se zahájí impulsem na vstup Trigger ($10\mu\text{s}$), a posléze se hledá náběžná hrana na výstupu Echo. Po detekování náběžné hrany se zahájí měření délky impulsu na výstupu Echo. Měření provádí časovač 0 s periodou $50\mu\text{s}$, počet přetečení časovače pak určuje vzdálenost v 8mm krocích – pro jednoduchost výpočtu. Zvuk při rychlosti 350 m/s urazí za $50\mu\text{s}$ vzdálenost $8,75 + 8,75$ mm – tam i zpět.

Robot v průběhu jízdy po čáře měří vzdálenost před sebou, a pokud detekuje odraz ve vzdálenosti menší než 150mm zahájí sekvenci objetí překážky, resp. cihly. Sekvence objetí překážky je dána pevným algoritmem a robot kolem cihly udělá oblouk. Objekt cihlu obloukem je velmi výhodné, hlavně z časových důvodů. Jako první po detekci cihly robot vyjede obloukem s malým poloměrem (4,7cm) z čáry směrem vlevo od cihly, dále pak nastavením různých rychlostí na kolech, objede cihlu zleva obloukem o poloměru 16cm. Oblouk však nedotáhne až k čáře ale v určité vzdálenosti se rozjede rovně. Po celou dobu oblouku vyhledává čáru, a pokud na ní narazí snímačem OC7, udělá krátkou otočku směrem k čáře (doleva) a dále pokračuje s algoritmem sledování čáry.

Objetí cihly je plynulé a rychlé, na tomto algoritmu lze taktéž stavět základ úspěchu, jelikož cihla patří k nejsložitějším překážkám na trati. I zde je nutno velmi experimentovat a nastavovat různé poloměry objetí atp. Robot tedy cihlu jen detekuje a podle předem daného rozměru ji objede, nejedná se tedy o překonání libovolné překážky. Pokud by cihla měla jiné rozměry nebo byla na čáře položena jinak, robot do ní narazí nebo ji neúspěšně objede, resp. vyjede z trati.

ALGORITMUS MĚŘENÍ OTÁČEK

Pro lokální navigaci a hlavně regulaci otáček se měří otáčky motorů, potažmo aktuální rychlost robota. Měření je provedeno pomocí externích přerušení, kdy impulzy s inkrementálních senzorů v motorech přerušují běh programu, a v obslužné rutině se na základě kvadraturního signálu inkrementuje proměnná nebo dekrementuje. Kvadraturní signál je složen ze dvou signálů navzájem posunutých o 90° ($\pi/2$), ve frekvenci těchto signálů je skryta rychlost otáčení a v jejich vzájemné fázi pak směr otáčení.

ALGORITMUS CELKOVÉHO PROVEDENÍ

Celý zdrojový kód je koncipován tak, aby byla zajištěna maximální rychlost zpracování hlavní smyčky. Zdrojový kód tedy neobsahuje žádné konstrukce s while(), tak že je mařen čas MCU na čekání od určité periferie. Snahou bylo mít kód postavený na příznacích (flag) a hlavní smyčka jen provede operace potřebné právě v okamžik, kdy je nastavený daný příznak.

Velmi důležitou částí robota je diagnostický algoritmus implementovaný na periférii UART – sériová linka. Jsou realizované funkce komunikace s procesorem v textovém režimu, lze tedy použít běžný terminálový program s nastavením 57600, 1 Stop Bit, No parity, No HW handshaking.

PSD – ALGORITMUS REGULACE

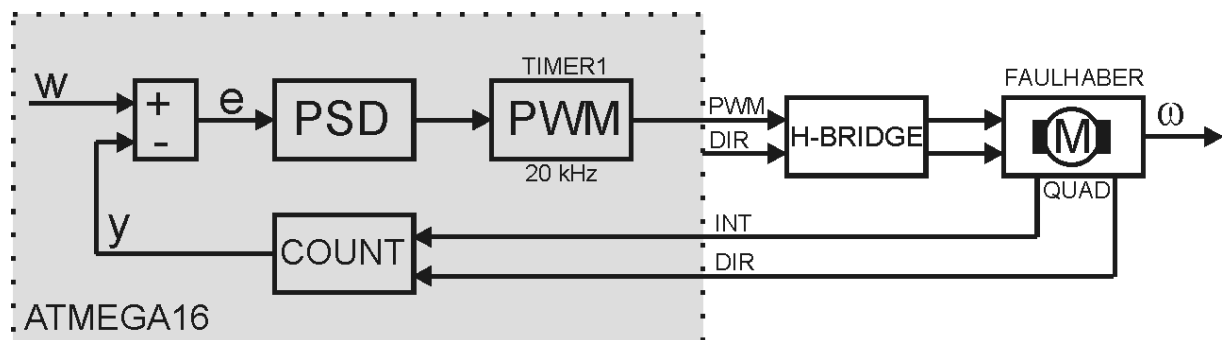
PSD je diskretní PID regulátor. Proporcionálně-Sumačně-Diferenční regulátor je použit pro kvalitní nastavení otáček a tedy lepší jízdní vlastnosti. Převodový poměr je velmi malý a proto řízení pouhou změnou PWM nevyhovuje a je nutno použít regulátor kvalitnější a složitější. Použitý PSD je však

jednoduchý a nastavení konstant probíhá experimentálně, není proto potřeba identifikace systému a následná syntéza regulátoru, což posouvá možnosti použití regulátoru i pro relativně neznalé zájemce. Rovnice použitého PSD se dá vyjádřit vztahem:

$$storeI = storeI + I \cdot e$$

$$AV = P \cdot e + storeI + D \cdot a$$

Kde P I D jsou konstanty regulátoru, AV je hodnota PWM, která se má aplikovat na motor (akční veličina), $storeI$ je součet všech příspěvků od I složky, e je regulační odchylka, tedy rozdíl mezi žádanou a skutečnou veličinou, tedy otáčkami. a je rozdíl otáček v minulosti a současných otáček (vyjadřuje zrychlení).



Obr 13 Principiální znázornění funkce regulační smyčky. Požadovaná hodnota w se srovnává se skutečnou hodnotou y a na základě jejich odchylky e se provede v PSD výpočet PWM.

P složka nám regulaci urychluje. Vidíme, že čím je P větší tím bude více přispívat k akční veličině. I složka je pro dosažení nulové regulační odchylky, neustále se tedy její příspěvek přičítá (sumI). D složka zabraňuje prudkému nárůstu akční veličiny, její charakter tedy snižuje hodnotu akční veličiny, pokud dochází k rapidnímu zrychlení a naopak, pokud se zrychluje málo její příspěvek akční veličinu zvyšuje.

Konkrétní implementace pro pravý motor pak vypadá takto:

```
eR = speedDemandR - speedR;
// P
AVRight = P * eR;
// I
storeIR = storeIR + ( I * eR );
AVRight = AVRight + storeIR;
// D
AVRight = AVRight + D * ( speed0R - speedR );
```

Jedná se jen o nejdůležitější část kódu, před ním následuje samotné měření rychlosti (speed). Posléze se akční veličina (AV) omezí na maximální rozsah dané registrem ICR1 a aplikuje na PWM (zápis do registru OCR1A/B). Dále se omezí velikost součtu všech příspěvků od I složky, tzv. Wind Up efekt, kdy při trvalé regulační odchylce dochází k velkému nárůstu a posléze k velkému překmitu.

Důležitou součástí regulátoru je čas, který udává četnost výpočtu regulátoru. Tento čas se nazývá vzorkovací perioda a značí se T_s . Je to doba po jakou se měří impulzy kol a tedy rychlost otáčení.

Současně se co tuto dobu provede výpočet PWM -> provede se regulace. Současně i konstanty, které vidíme v algoritmu jízdy po čáře, vyjadřují vlastně počet impulzů z enkoderu motoru za dobu T_s .

Konstanty PID byly nastaveny experimentálně a pro zvolený algoritmus a robota Century jsou $P = 1,0$; $I = 1,0$ a $D = 0,1$. D byla nastavena fixně a ladily se jen P a I. Konstanty jsou v algoritmu nastaveny celočíselně, aby se nemusel používat float a po jejich aplikaci se akční veličina dělí deseti.

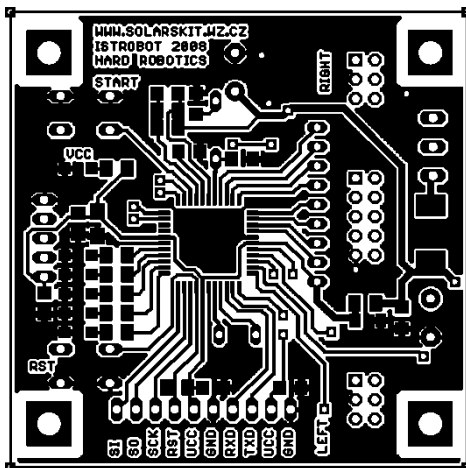
Regulátor je dle mého názoru opravdu kvalitní a vzhledem k jeho jednoduchosti je velmi účelný. Ve skutečnosti se nejedná o typický PSD regulátor, tak jak se s ním setkáme v předmětech typu Regulační systémy nebo Teorie řízení atp, je to ovšem škoda, že se něco takového neučí. Pro anglicky rozumící čtenáře bych doporučil článek na anglické wikipedii o PID [8], popřípadě článek PID without PhD [9]. Podobnou implementaci lze i spatřit v dokumentu [13].

KONSTRUKCE

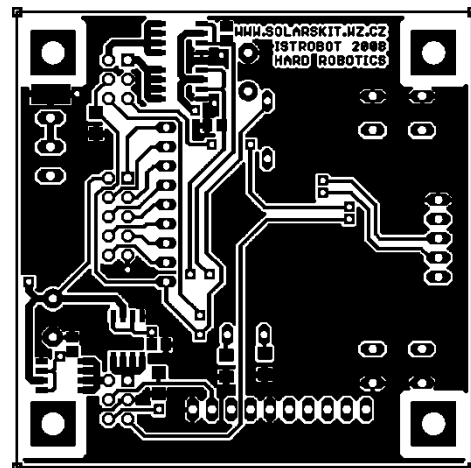
Konstrukce je realizována z 1mm ocelového plechu páleného laserem, konstrukce je převzata s projektu Strategického řízení s multiagenty. Jedná se o mechanickou část, která spadá silně pod strojní část, nebude tedy o ní pojednáno.

Plošné spoje jsou dva a to pro snímač čáry a pro MCU. Plošný spoj MCU je dvojstranný a je osazen součástkami SMD. Obsahuje i několik prokovů, které se však dají i zhotovit amatérsky. Jeho rozměry jsou 60 x 60 mm.

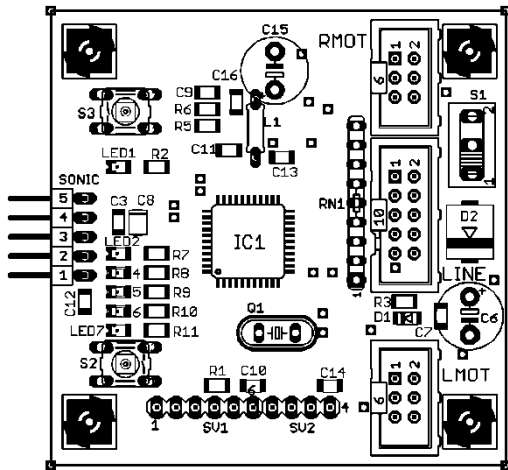
Plošný spoj pro čáru je jen jednostranný a je uzpůsoben pro montáž na přední část robota, je osazen z obou stran. Rozměry jsou 14,6 x 71,8 mm.



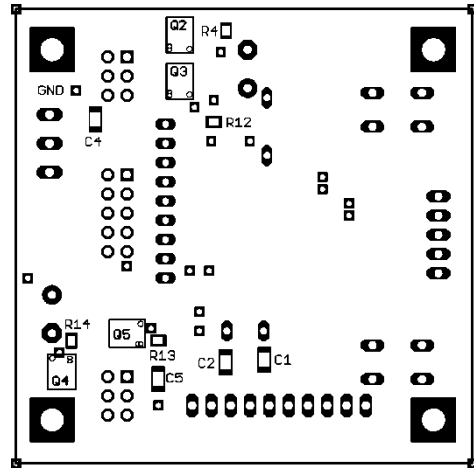
Obr 15 Horní strana plošného spoje robota Century



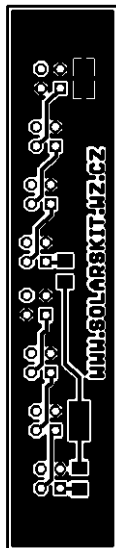
Obr 14 Spodní strana plošného spoje robota Century



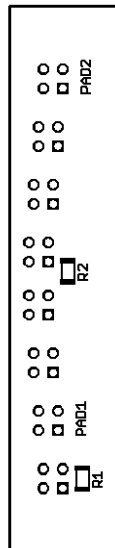
Obr 16 Osazení součástek, horní strana plošného spoje



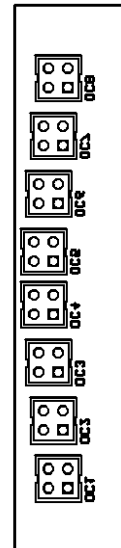
Obr 17 Osazení součástek, spodní strana plošného spoje



Obr 20 Plošný spoj snímače čáry, horní strana



Obr 19 Osazení horní strany snímače čáry



Obr 18 Osazení spodní části snímače čáry

ZÁVĚR

Cílem bylo navržení autonomního mobilního robota pro soutěž Istrobot 2008. Century tento předpoklad splnil a umístil se na druhém místě s časem 18 sekund (první byl robot Kameronus s časem 16s). Robot se v soutěžní konfiguraci pohyboval po čáře rychlostí cca 0,45 m/s (rychlost na rovném úseku čáry).

Robot Century je svým návrhem velmi komplikovaný a obsahuje speciální díly, hlavně pak mechaniku (frézované díly kol, laserem pálená konstrukce, ...), avšak cílem článku je zpřístupnit realizaci robota a poskytnout čtenáři inspiraci pro možnou realizaci podobného systému. Zvláště bych upozornil na PSD regulátor a doporučil podrobněji prostudovat zdrojový kód, osobně jsem na takovýto algoritmus nikde veřejně nenarazil a za jeho realizaci a implementaci do AVR děkuji kolegovi Bc. Jiřímu Kociánovi.

Robot Century byl realizován v laboratoři L019 Hard, na Katedře měřicí a řídicí techniky, FEI, VŠB-TU Ostrava.

ODKAZY:

- [1] www.robotika.sk
- [3] <http://mpt2.vsb.cz>
- [4] <http://www.atmel.com/products/avr/default.asp>
- [5] <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>
- [6] <http://www.snainstruments.com/cze/robotics/sensors.php>
- [7] http://cs.wikipedia.org/wiki/Rychlost_zvuku
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
- [9] <http://www.embedded.com/2000/0010/0010feat3.htm>
- [10] <http://www.solarskit.wz.cz/bob.html>
- [11] http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725
- [12] <http://winavr.sourceforge.net/>
- [13] <http://www.dprg.org/tutorials/2003-10a/motorcontrol.pdf>