

ROBOTIC MANIPULATOR

Luděk Navrátil

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xnavra38@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Roman Mego

E-mail: roman.mego@phd.feec.vutbr.cz

Abstract: The paper describes the control system of the robotic manipulator with a computer vision. The experimental manipulator was made in this project. Also the electronic control unit was designed to receive instructions from the PC, process them and generate signals which the manipulator is controlled with. The PC program is another part of the project. It is able to perform the calculations which are necessary for an accurate control of the manipulator, and find objects in a web camera view and direct the manipulator to them. The program is also able to handle input values which were entered by a user and communicate with the control unit.

Keywords: Manipulator, Robot, Servomotor, Computer vision, OpenCV, ATmega32, USB, PWM

1. ÚVOD

Jako robotický manipulátor lze označit stroj, který je schopen přemístit předměty s určitou mírou autonomie. Tyto manipulátory nacházejí uplatnění zejména v průmyslových výrobních linkách. A to především díky jejich přesnosti, rychlosti a možnosti práce i v podmínkách nevhodných pro člověka.

Cílem tohoto projektu je navrhnout a zkonstruovat celkový řídicí systém pro robotický manipulátor. Součástí je také mechanická konstrukce modelu manipulátoru se sériovou kinematickou strukturou a třemi stupni volnosti. Konstrukce zahrnuje tři servomotory v místech rotačních kloubů a jeden servomotor pro svírání chapadla. Manipulátor je naváděn pomocí počítačového vidění se zdrojem obrazu z běžné webkamery, ale také je schopen vykonat příkazy zadané přímo operátorem.

2. POPIS CELKOVÉHO SYSTÉMU

Projekt zahrnuje návrh a realizaci obslužného a řídicího softwaru pro PC, elektronickou řídicí jednotku a mechanickou konstrukci manipulátoru.

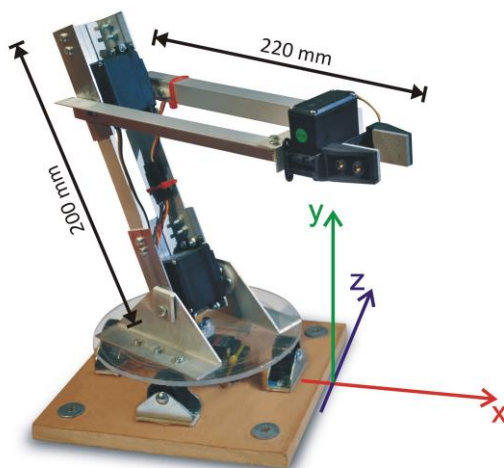
Software pro PC provádí výpočty pro přesný pohyb manipulátoru, obsluhuje uživatelský vstup, vyhodnocuje obraz z kamery a předává instrukce do elektronické řídicí jednotky. Elektronická řídicí jednotka je speciální obvod zajišťující komunikaci s PC, zpracování instrukcí, vytváření signálů pro servomotory a poskytování napájení servomotorům manipulátoru. Mechanická konstrukce realizovaného manipulátoru je na obrázku 1.

3. MANIPULÁTOR

Podstavu tvoří dřevěná deska v níž je uložený servomotor pro otáčení základny. Základna je vyrobena z průhledného pevného plastu. Ramena manipulátoru byla zhotovena ze vhodně upravených běžně dostupných hliníkových profilů. Jeho klouby jsou tvořeny vhodnými typy modelářských servomotorů. Chapadlo bylo zakoupeno. Základna manipulátoru má možnost otočení o 180°. Manipulátor je schopen uchopit předmět vzdálený až 37 cm od středu základny. Maximální hmotnost předmětu v nejbližší poloze je 60 g.

3.1. SERVOMOTORY

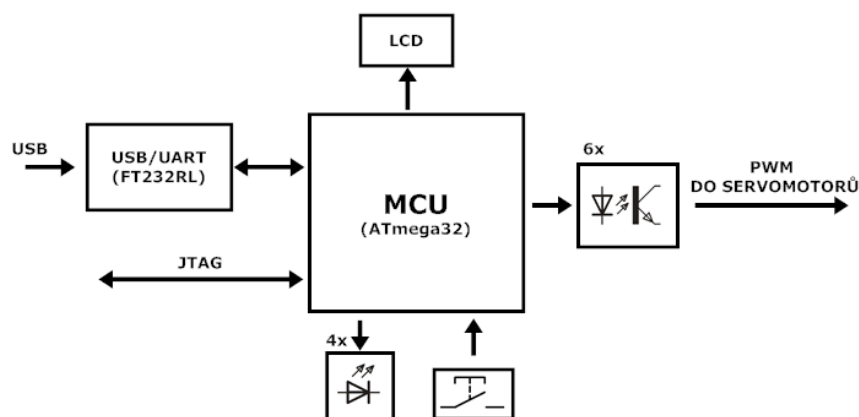
Jedná se o modelářské analogové servomotory od firmy Hitec [1], které obsahují elektromotor s převodovkou a řídicí elektroniku. Poloha hřídele může být natáčena až o 180° . K řízení polohy hřídele se používá pulsně šířková modulace (PWM) s frekvencí přibližně 50 Hz. Celková doba jedné periody signálu je tedy 20 ms. Rozsah doby trvání napětových impulsů je 0,5 až 2,5 ms. Doba trvání těchto impulsů určuje úhel natočení výstupního hřídele.



Obrázek 1: Fotografie realizovaného manipulátoru s vyznačením souřadnicové soustavy.

4. ELEKTRONICKÁ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Pro řídicí jednotku byl zvolen mikrokontrolér Atmel AVR ATmega32 [2]. Komunikace s řídicím a obslužným programem v PC je vedena přes USB (Universal Serial Bus), které zároveň poskytuje napájení řídicím obvodům. Jelikož ATmega32 nedisponuje periferií pro USB, je využit převodník FTDI FT232RL [3], který provádí převod signálů mezi UART (universálním asynchronním sériovým portem) a USB. Servomotory manipulátoru jsou zdrojem výrazného rušení. Řídicí obvody jsou proto galvanicky odděleny od výkonových optickou vazbou pomocí fototranzistorů. Výkonová část je napájena vlastním externím spínaným DC zdrojem s napětím 5 V. Maximální proudový odběr výkonové části je 3,1 A a řídicí části 200 mA. Pro zobrazení stavu zařízení bude osazen dvouřádkový alfanumerický LCD display a 4 LED diody. Na panelu bude také umístěno spínací tlačítko pro možnost okamžitého přerušení činnosti. Řídicí jednotka dále bude obsahovat servisní JTAG (Joint Test Action Group) port pro možnost programování mikrokontroléru a samozřejmě také konektory pro zapojení servomotorů. Blokové schéma řídicí jednotky je na obrázku 2. Plošný spoj bude vložen do plastové krabičky tak, aby řídicí jednotka působila dojem hotového výrobku.



Obrázek 2: Blokové schéma řídicí jednotky.

4.1. MIKROKONTROLÉR

Zdrojem hodinového signálu pro mikrokontrolér je externí krystal o frekvenci 8 MHz. Signály pro servomotory jsou generovány na šesti výstupních pinech a vytvářeny pomocí 16-bitového časovače s vhodnou softwarovou úpravou. Jeden 8-bitový vstupně výstupní port je vyčleněn pro výpis událostí na LCD display. Firmware mikrokontroléru je napsán v jazyce C. Program je vkládán pomocí JTAG rozhraní. Napájecí napětí 5 V poskytuje USB z PC.

5. SOFTWARE PRO PC

Operátor má 3 možnosti ovládání manipulátoru. Může nastavovat natočení výstupních hřídelů jednotlivých servomotorů, zadávat sekvence prostorových souřadnic objektů, které budou sekvenčně přemístěny manipulátorem anebo využít plně autonomní mód při němž jsou objekty zaměřeny z obrazu webkamery a následně přesunuty manipulátorem.

Program je napsán v jazyce C++ pro operační systém Windows. Obsahuje grafické uživatelské rozhraní typu formulářové aplikace. Výpočty pro přesný pohyb manipulátoru jsou tvořeny analytickou geometrií a goniometrickými funkcemi. Pro zpracování a vyhodnocení obrazu z webkamery je využita softwarová knihovna pro počítačové vidění s názvem OpenCV (Open Source Computer Vision) [4]. Komunikace s řídicí jednotkou je vedena pomocí virtuálního sériového portu.

5.1. POČÍTAČOVÉ VIDĚNÍ

Knihovna OpenCV obsahuje algoritmy potřebné pro zpracování a vyhodnocení obrazu z webkamery. Kamera je nastavena tak, aby snímala pracovní prostor robota. Běžně dostupné webkamery vykazují určité zkreslení obrazu, které je třeba eliminovat. U takto získaného obrazu je poté třeba provést perspektivní transformaci pro získání pohledu v rovině rovnoběžné s pracovní plochou (ptačí pohled), čímž jsou souřadnice v pixelech přímo úměrné reálným prostorovým souřadnicím. Dále je obraz podroben algoritmu pro vyhledání kontur a zaměření jejich středů, tedy určení pozice objektu určeného k manipulaci.

6. ZÁVĚR

V čase psaní tohoto příspěvku byl projekt již těsně před dokončením. Jedinou chybějící částí byl plošný spoj řídicí jednotky. Pro testovací účely však postačil obvod s vývojovou deskou a součástkami osazenými v nepájivém kontaktním poli. Funkce celého systému byla testována s úspěšným výsledkem. Manipulátor je schopen autonomně sesbírat předměty nacházející se v jeho pracovním prostoru na základě kamerového snímání a vyhodnocení obrazu. Manipulátor také může být ovládán přímo operátorem včetně možnosti předprogramování jeho pohybu vložím sekvence souřadnic. Pohyby rotačních kloubů probíhají zároveň, což urychluje čas manipulace. Při práci v automatickém módu dochází ke zpomalení pohybu před dosažením cílové polohy a zároveň je zajištěna efektivní manipulace v prostoru tak, aby nedocházelo k nechtěnému narážení do předmětů.

REFERENCE

- [1] Hitec RCD USA [online]. 2013, [datum: 2. března 2013]. Dostupné z URL: <<http://www.hitecrad.com>>.
- [2] ATMEL Corporation AVR ATmega32 [online]. 2012, [datum: 2. prosince 2012]. Dostupné z URL: <<http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>>.
- [3] Future Technology Devices International Ltd. FT232R USB UART I.C. [online] 2010, [datum: 2. prosince 2012]. Dostupné z URL: <http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf>.
- [4] BRADSKI Gary, KAEHLER Adrian, Learning OpenCV, United States of America: O'Reilly Media, Inc., 2008. 555 s. ISBN 978-0-596-51613-0.