

Středoškolská odborná činnost 2005/2006
Obor 9 – 09 Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Manipulátor

Autor:

Jan Nezval

SOŠP a SOUS Lidická 4

796 01 Prostějov, 1.ročník

Konzultant práce:

Ing. Josef Melka

(SOŠP a SOUS Lidická 4)

Zadavatel práce:

Prostějov, 2006

Olomoucký kraj

Prohlašuji tímto, že jsem soutěžní práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Josefa Melky a uvedl v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Prostějově dne:

vlastnoruční podpis autora

Manipulátor

Toto zařízení bylo vytvořeno pro odzkoušení teoretických znalostí získaných ve škole, z internetu a knížek. Jako výchozí materiál pro stavbu nosné konstrukce jsem použil červený plast ABS, pro pohon kloubů modelářské servomotory a pro řízení elektroniku založenou na riskových procesorech PIC 16F876A výrobek firmy Microchip .

Se sestavováním manipulátoru jsem začal v září roku 2005, ale prvotní myšlenka byla mnohem dřív. Většina dílů byla frézována na CNC frézce, ale některé díly byly soustruženy, nebo lisovány na vakuovém lisu. Práce doposud trvala 7 měsíců a ještě stále pokračuje.



Požadavky na zařízení

- Zařízení, které bude schopné přemísťovat a manipulovat s lehkými předměty.
- Minimální výrobní náklady
- Co nejjednodušší konstrukce
- Ovládání manipulátoru pomocí osobního počítače
- Řídicí program umožňující ruční řízení manipulátoru s možností sestavení programu pro automatické řízení pohybů

Minimální požadavky, které by mělo zařízení realizovat

- Nosnost alespoň 50 gramů
- Minimálně 4 stupně volnosti
- Komunikace s počítačem
- Připojení k počítači přes COM port
- Otáčení jednotlivých kloubů o 90 stupňů

Maximální požadavky na zařízení

- Nosnost 500 gramů
- 6 stupňů volnosti
- Komunikace s počítačem a PDA
- Připojení k počítači přes USB
- Otáčení jednotlivých kloubů o 360 stupňů
- Čidla stisku na obou prstech
- Vážení hmotnosti jednotlivých těles
- Minimální vůle

Realizované funkce

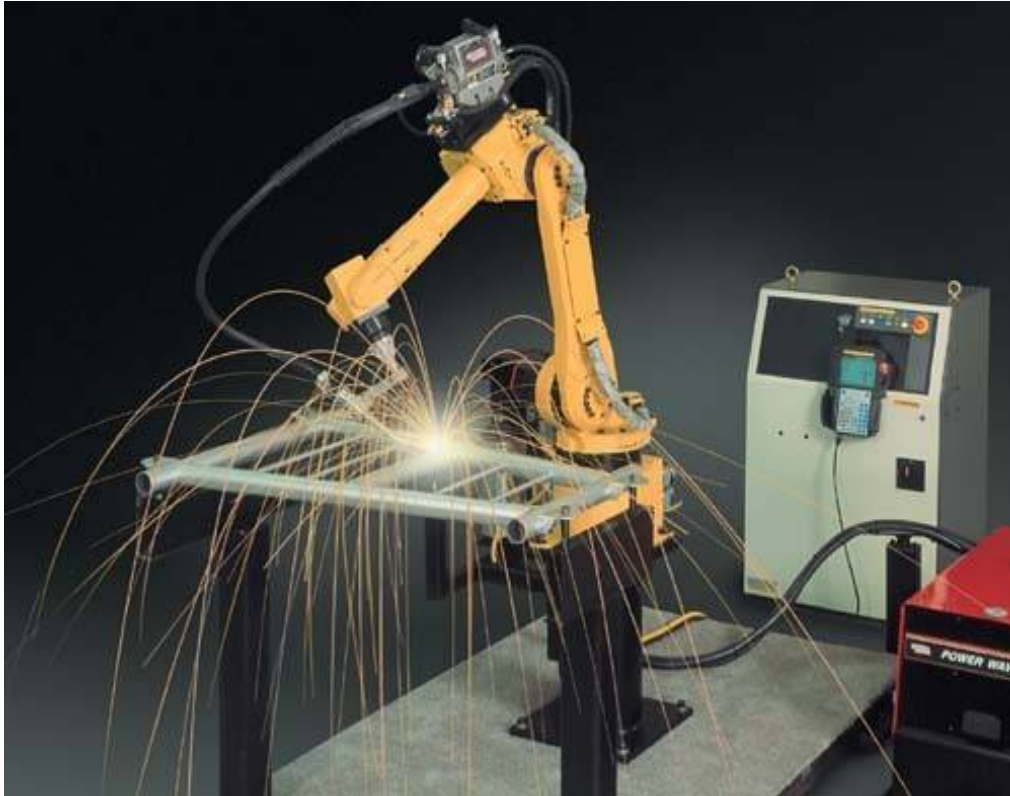
- Nosnost 200 gramů
- 6 stupňů volnosti
- Komunikace s počítačem
- Připojení k počítači přes COM port
- Otáčení jednotlivých kloubů o 180 stupňů

Rozdělení a popis jednotlivých částí přístroje:

- Konstrukce
- Mechanické části
 - Motory
 - Řešení velkých sil pružinami
 - Zajímavosti
- Plastové části
 - Vakuový lis
 - Frézování
- Řídící elektronika a programové vybavení
 - Návrh plošných spojů
 - Leptání plošných spojů
 - Popis mikrokontrolerů PIC
- Výsledky práce
- Závěr
- Použitá literatura

Konstrukce

Jako vzor, podle kterého jsem postupoval při stavbě jsem použil průmyslového svařovacího robota. Díky takto rozmístěným 6-ti pohyblivým osám má robot vysokou obratnost a zvládne i složitější manipulaci s předměty



Na internetu jsem našel několik sestavených manipulátorů, jenže ty měli méně než 6 os a nebyly schopny zvedat předměty těžší 20 gramů (můj manipulátor může zvedat až 200g).

Zde jsou některé z nich:

L601-KT



Robotická ruka se šesti stupni volnosti
Vhodná k výuce či pro zábavu
Napájení 5V stab.
Polohování modelářskými servy Hitec HS-422 a HS-81
Stavebnice obsahuje mechanické díly řezané laserem, spojovací materiál, serva, neobsahuje řídicí elektroniku
Cena 6 963Kč (8 286Kč s DPH)

ROB1-3

ROB 1-3



Robotický manipulátor se třemi stupni volnosti
Vhodný k výuce či pro zábavu
Napájení 5V stab.
Polohování modelářskými servy Hitec HS-311
Sada obsahuje mechanické díly řezané laserem, spojovací materiál, serva, modul elektroniky s procesorem PICAXE-18X a radičem serv SD20, kabel k počítači a napájecí zdroj.
Cena 2 741Kč (3 262Kč s DPH)

L501-KT

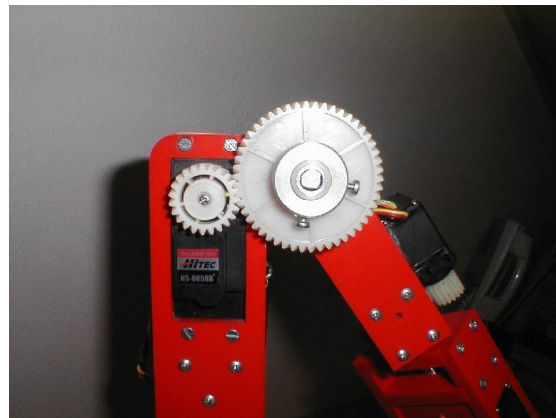
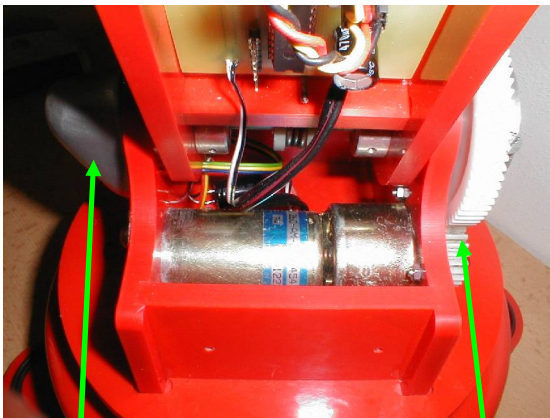


Robotická ruka s pěti stupni volnosti
Vhodná k výuce či pro zábavu
Napájení 5V stab.
Polohování modelářskými servy Hitec HS-422 a HS-81
Stavebnice obsahuje mechanické díly řezané laserem, spojovací materiál, serva, neobsahuje řídicí elektroniku
Cena 4 600Kč (5 474Kč s DPH)

Mechanické části

- Motory

Jako pohonné jednotky je použito 6 různých servomotorů nejrůznějších kroutících momentů od 2kg/cm až do 20kg/cm a jeden klasický DC motor s převodovkou (tento motor je řízen řídicí jednotkou ze servomotoru). Za každou pohonnou jednotku je přidán převod pro zvýšení síly. Z důvodů vysoké ceny a dlouhé dodací lhůty jsou použity převody z komponentů z různých zařízení např.: z elektrického šroubováku, z autíček, z kopírky. Úhel natočení je u většiny serv je $\pm 90^\circ$, proto musely být upraveny. Tato úprava spočívala v tom, že jsem odstranil mechanické dorazy, které zabraňovali větší natočení než 180° a také jsem musel přemístit potenciometry pro snímání polohy až za přidávaný převod.



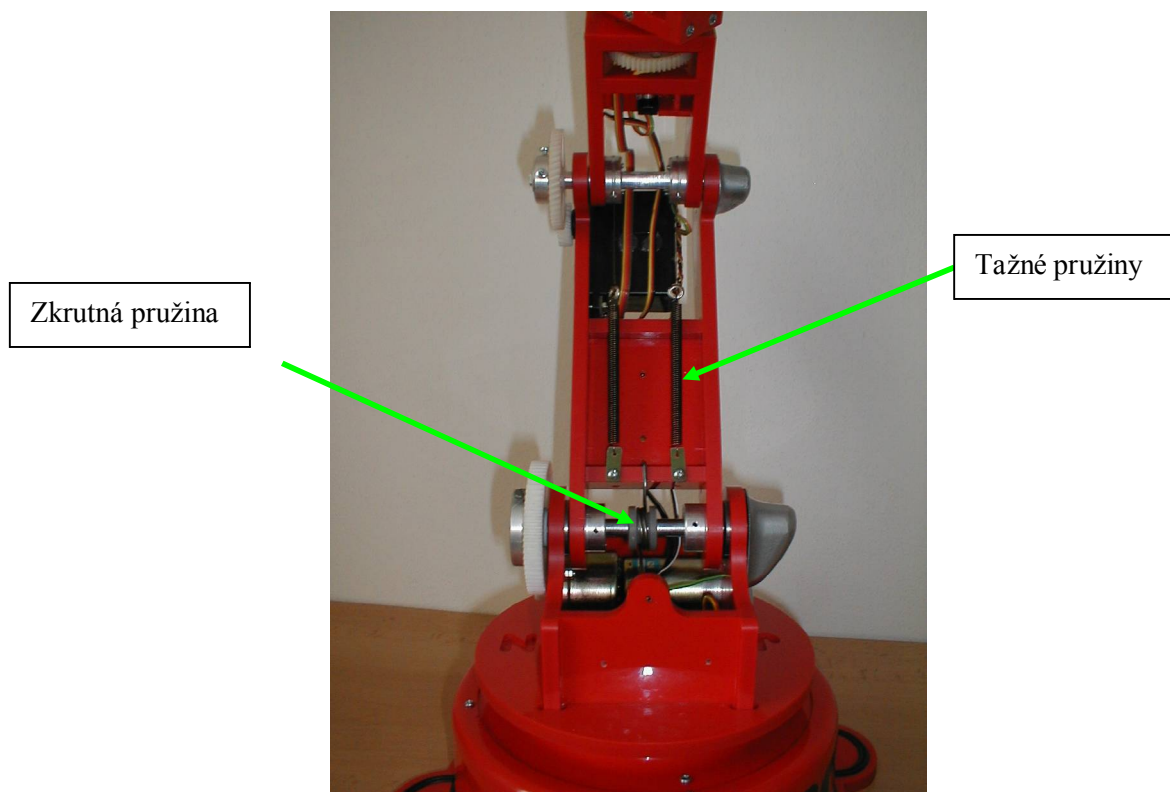
Pod krytem je umístěn potenciometr pro snímání polohy

Převod pro zvýšení síly



- Kompenzace velkých sil pružinami

Z důvodu příliš velkých kroučících momentů, které působily na motory, jsou zabudovány do kloubů, pomocné pružiny. Odlehčují zátěž způsobenou vahou vlastní konstrukce. Výsledkem je menší opotřebení motorů a schopnost zvednout těžší předměty. (Přidání pomocných pružin pro zvýšení síly jsem nikde neobjevil-je to můj nápad)



Kdybychom odebraly dvě tažné pružiny (viz. Obr.) kroučící moment, který by působil na osu by se rovnal 65 Ncm. S pomocnými pružinami je kroučící moment téměř nulový.

-Zajímavosti

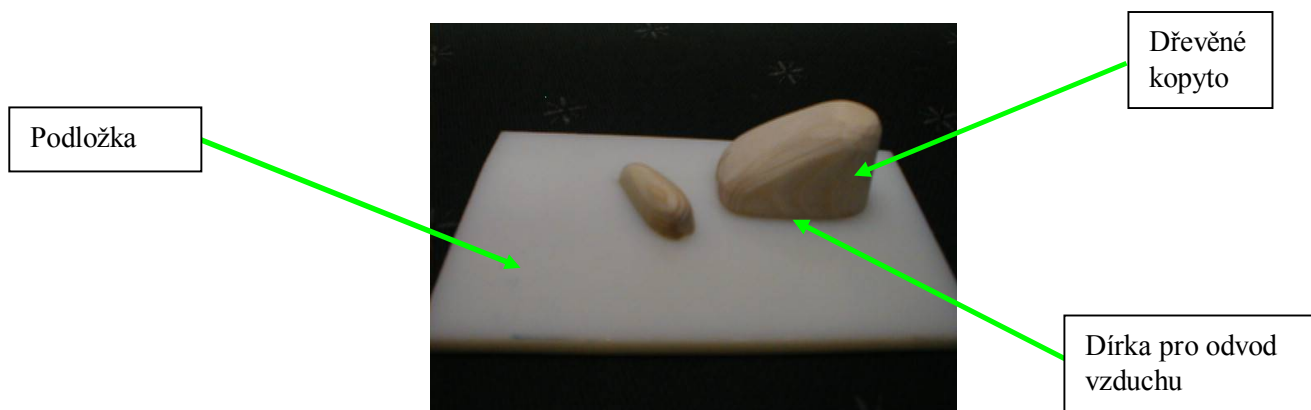
zařízení obsahuje 129 šroubů, 13 ložisek (průměr nejmenšího ložiska je 12mm, průměr největšího ložiska je 130mm), 15 převodů (bez převodů servomotorů), 3 mikropočítače, 41 plastových částí z toho jsou 4 lisované, hmotnost zařízení je 4000g.



Plastové části

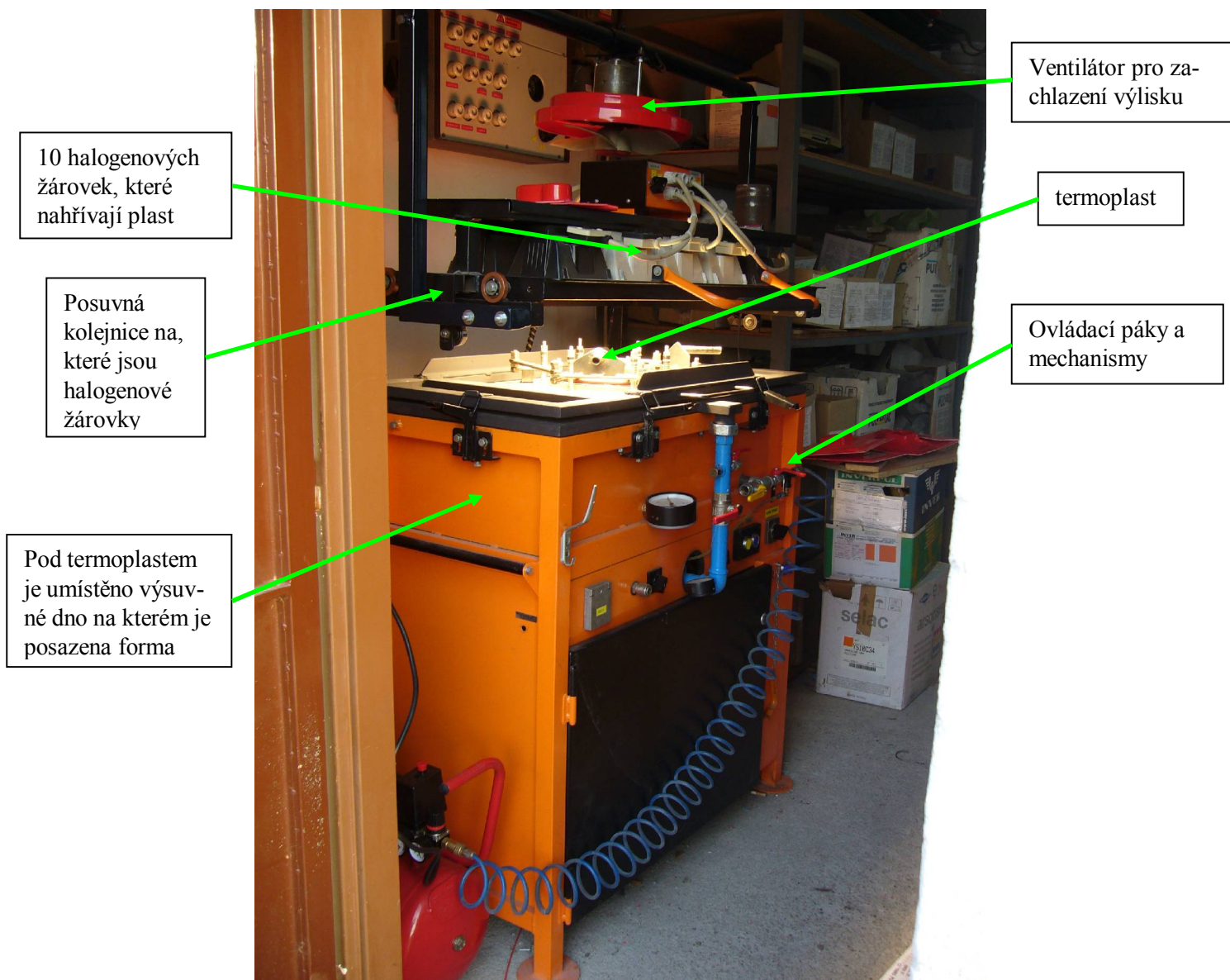
-Vakuový lis

Pro krytování snímací elektroniky jsou použity díly vyrobené lisováním z termoplastů. Pro každý výlisek se nejdříve musí vybrousit forma, která by měla být naprosto hladká, protože by každá její nerovnost byla viditelná na výlisku. Materiál z kterého nejčastěji zhotovují formy je bukové dřevo. Důvodem je jeho hladkost povrchu a snadná obrobitelnost.



Některé špatně navržené formy se při lisování dají použít jen jednou, protože se při oddělování od výlisku rozbijí. Pokud je forma navržena správně, dá se z ní vylisovat i několik desítek výlisků.

Popis vakuového lisu:



Tento vakuový lis byl navržen a zkonstruován mým strýcem.

Princip vakuového lisu:

Halogenové žárovky nahřejí polotovar – desku termoplastu. Po zahřátí na teplotu, kdy je měkký a tvárný pístitnice vysunou kopyto (formu) pod plastem. Aby plast dokonale zkopíroval povrch kopyta je potřeba mezi ním a plastem vytvořit podtlak. Atmosférický tlak působí na vylisek z hora tak, že jej přitlačí ke kopytu. Poté se vylisek zchladí, aby si udržel svůj nový tvar. Celý tento proces je dlouhý přibližně 3 minuty, což se nedá říct o výrobě formy, protože její výroba trvá i několik hodin.



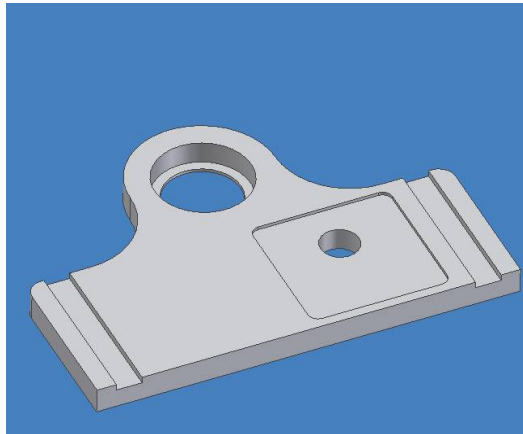
-Frézování

Jako výchozí materiál pro stavbu jsem použil červený 8mm silný ABS plast. Tato hmota je velmi dobře obrobitelná a má dobré mechanické vlastnosti.

Pro návrh nosných frézovaných dílů byl použit modelovací software „Autodesk Inventor 10“.

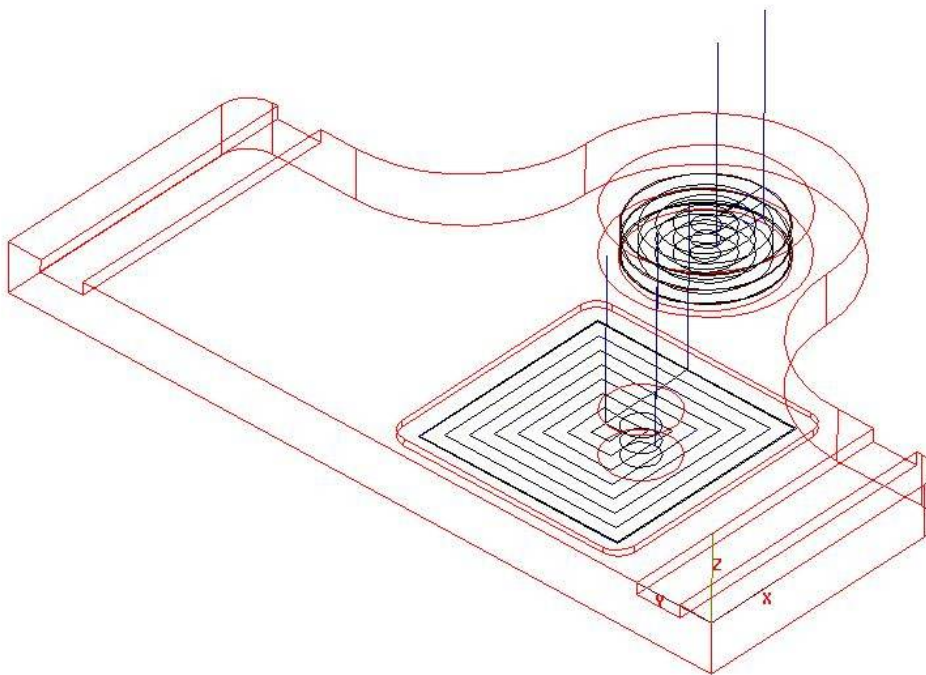
-ostatní díly a kompletní sestava jsou v příloze na CD. (pro náhled je potřeba nejdříve nainstalovat Autodesk Inventor 10)

Návrh v Inventoru



Model tělesa vytvořený v Inventoru se přenesl do programu SurfCam. Zde se vytvoří řídicí program pro CNC frézku.

Ukázka programu pro CNC frézku: (černě jsou zobrazeny dráhy nástroje frézky)



Frézování dílu nosné konstrukce na modelovací frézce:



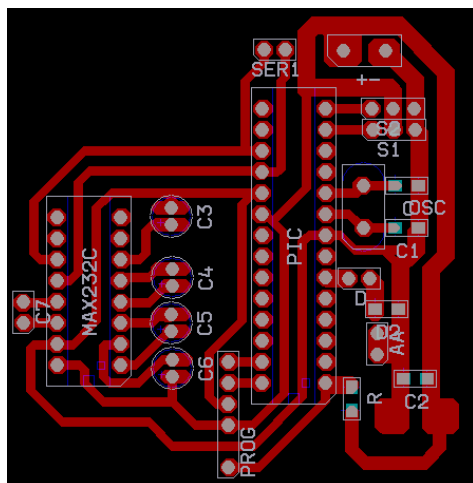
Pro frézování jednotlivých dílů byla použita 3-osá CNC modelovací frézka HWT – CNC 442, Je majetkem školy SPŠS a SOUS Prostějov a slouží k výuce CAD-CAM. Dosažitelná přesnost frézování je 0,005mm. Pro upínání dílů byl použit univerzální svěrák.

Řídicí elektronika a programové vybavení

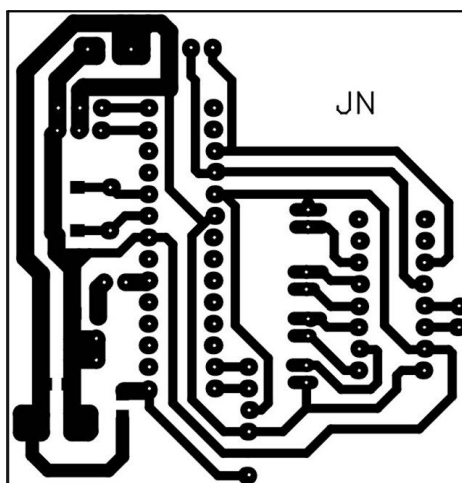
-Návrh plošných spojů

Pro návrh plošných spojů byl použit software „Formica“. Výsledný návrh a předloha plošného spoje řídicí elektroniky:

Návrh ve Formice



Hotová předloha



na zařízení jsou 3 plošné spoje, které mají totožně zapojení s výjimkou spodního plošného spoje, ke kterému je ještě připojen na sériovou linku integrovaný obvod MAX232C, který slouží ke změně napětí na sériové lince (mikropočítače používají pro komunikaci 5 voltů a stolní počítač 12 voltů).

- Leptání plošných spojů

Nejdříve se na cuprexitovou desku na měděnou stranu nanese tenká vrstva fotopozitivního laku citlivého na UV záření. Plošný spoj musí být 24 hodin ve tmě, aby se fotocitlivý lak neosvítil, a aby zaschnul. Po zavadnutí laku se na plošný spoj přiloží předloha, která je zatížená sklem, aby se předloha nekrčila a nepohybovala. Potom se deska osvítí přesně 3 minuty UV světlem. Poté se dá do vývojky (koncentrovaný roztok NaOH), kde se smyjí osvětlené části laku. Na plošném spoji vznikne obraz kopie předlohy, nekryté plochy se odleptají v chloridu železitém ($FeCl_3$). Tento proces trvá cca 1 hodinu.



UV lamna

Plošný spoj na kterém je předloha



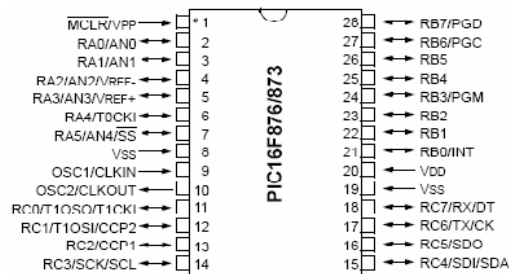
Plošný spoj v chloridu železitém

Houpací plošina, která urychluje proces a také zajišťuje rovnoměrné odleptávání mědi

Výroba plošných spojů probíhala u mne doma (houpací plošina je také můj výrobek).

-Popis mikrokontrolerů PIC

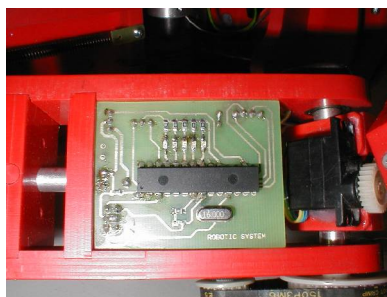
Zapojení vývodů a parametry μ P PIC 16F876A



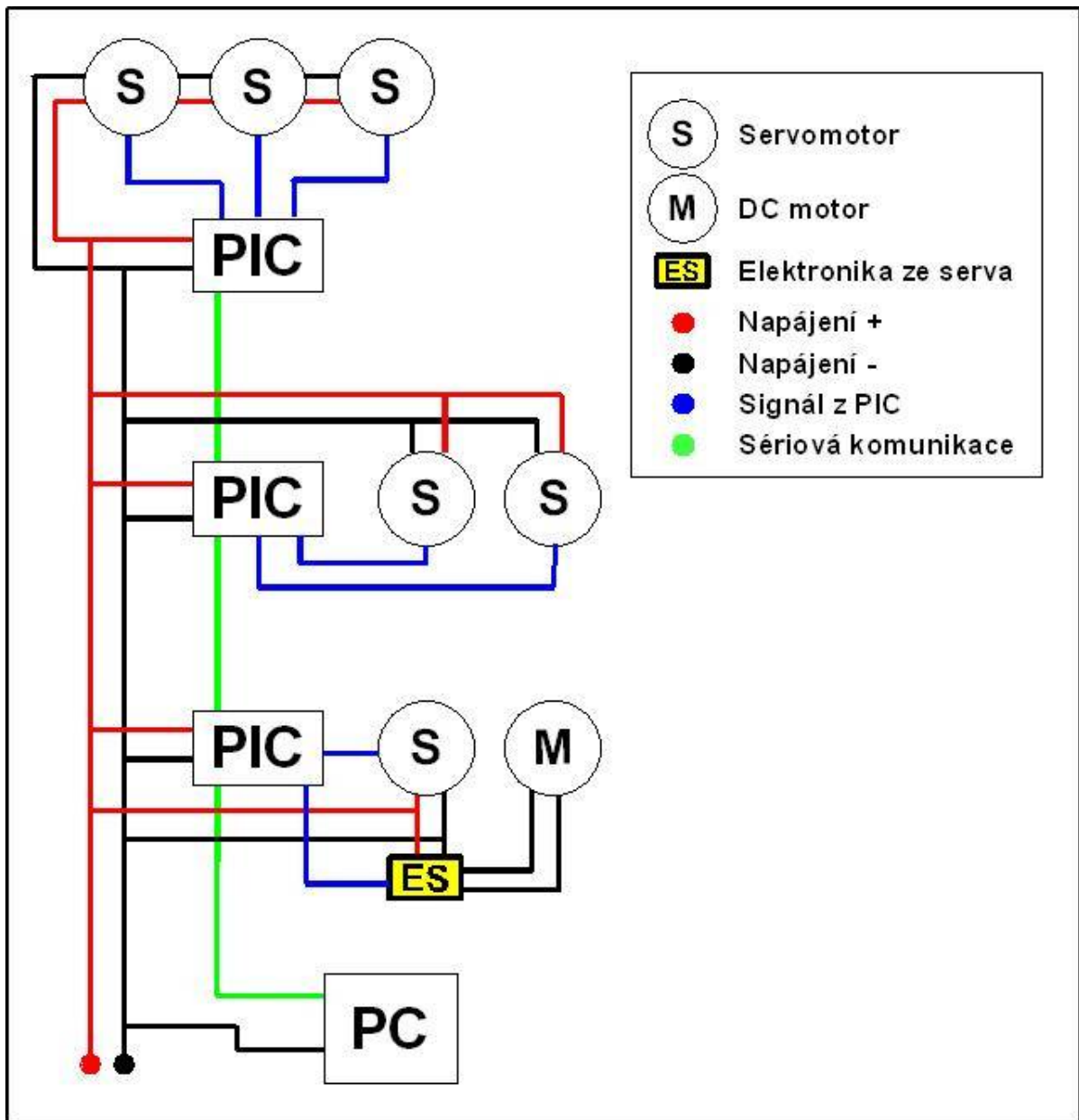
Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F876
Operating Frequency	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory	256
Interrupts	13
I/O Ports	Ports A,B,C
Timers	3
Capture/Compare/PWM Modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	—
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels
Instruction Set	35 instructions

Pro časování mikropočítače byl použit 16. Mhz externí krystal.

Program pro mikropočítače byl psán v programovacím prostředí MPLAB v jazyce symbolických instrukcí. Zápis programu do procesoru byl proveden v programovacím přípravku vlastní výroby s použitím programu ASIX-UP.



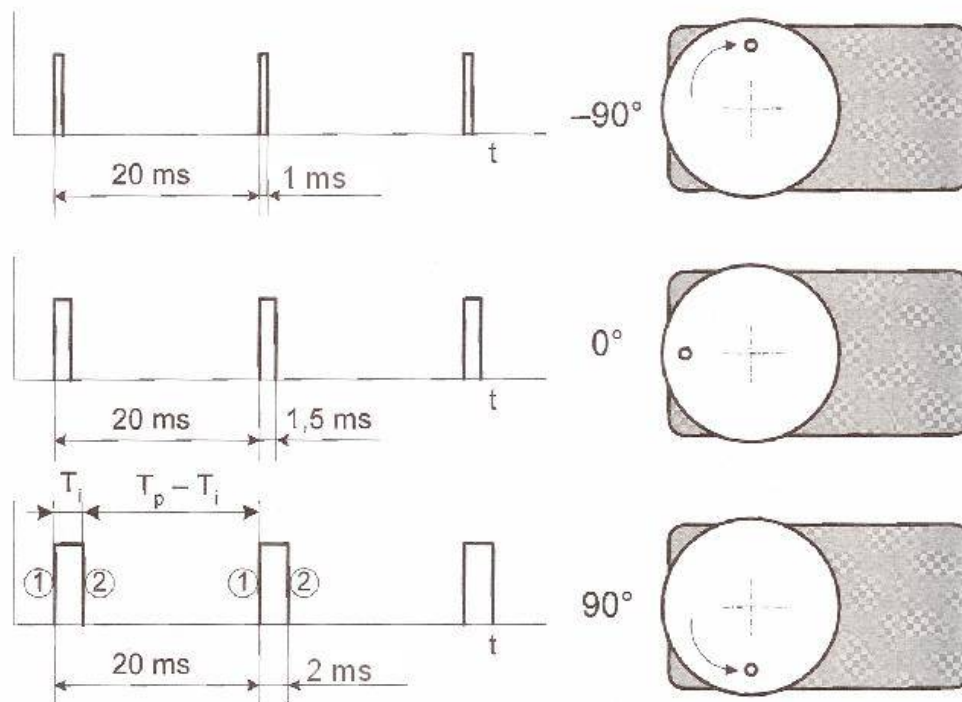
Komunikace mikrokontrolerů PIC s osobním počítačem:



Pro řízení DC motoru je použita elektronika ze servomotoru. Výhodou tohoto obvodu je snadné řízení motoru. Velkou nevýhodou jsou pomalé dojezdy do požadované polohy, protože tento obvod řídí motor PWM (pulzně šířkovou modulací). Tento problém jsem částečně vyřešil přidáním kapacity 2200uF/16V paralelně k motoru, která zvedne střední hodnotu proudu a tím motor výrazně zrychlí svůj dojezd.

Řízení servomotoru:

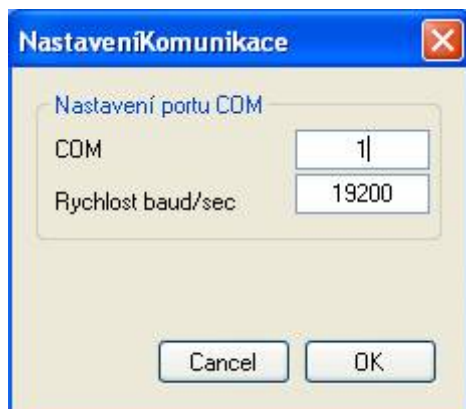
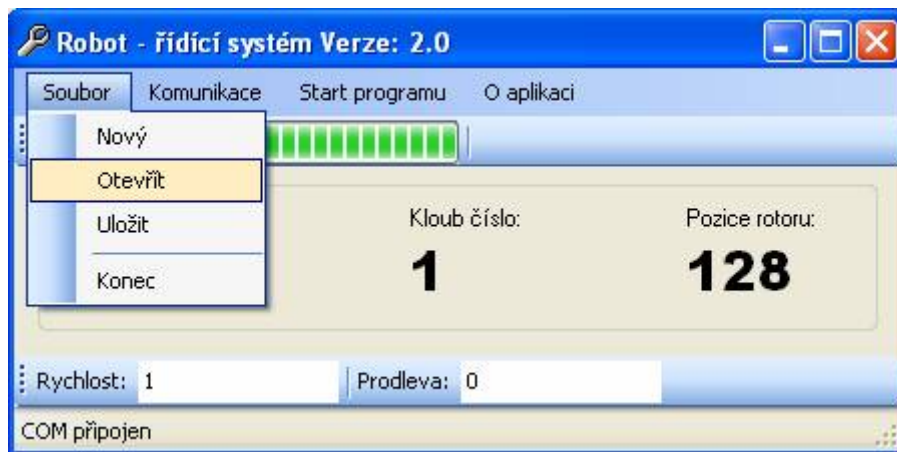
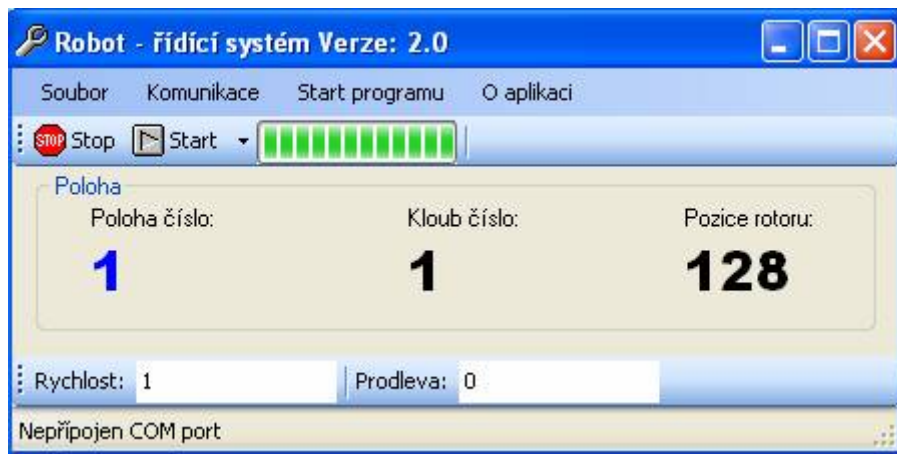
Zadaná hodnota natočení výstupní hřídele je ve formě šířkově modulovaného signálu (s úrovní TTL) s periodou 20ms (tato perioda se může mírně odchylovat) a šířkou pulzu v rozmezí od 1ms do 2ms. Šířka pulzu 1ms odpovídá maximálnímu levému natočení a 2ms pak maximálnímu pravému natočení výstupní hřídele. Střední poloha hřídele je při šířce pulzu 1,5ms (viz. Obr.).



Úkolem mikropočítačů je přijímat 8 bajtů ze sériové linky. Přijaté hodnoty se převádí na dobu trvání logické 1. (přijátá hodnota 1 se rovná 1ms při přijetí čísla 255 logická 1 trvá 2ms) Každý bajt udává polohu jednoho motoru. Výjimkou je 4. bajt-obsluhuje diody.

Řídicí program pro manipulátoru v počítači

Okno programu:



Řídicí software byl vytvořen v programovacím prostředí Microsoft Visual Basic.NET 2005. Tato aplikace umožňuje nahrávání jednotlivých poloh manipulátoru do paměti, jejich přehrávání, několikanásobné opakování a také importování uložených programů, dále umožňuje interpolaci mezi jednotlivými polohami. V budoucnu bych chtěl zdokonalit tento software, aby umožňoval zadávání souřadnicových os X,Y,Z.

Výsledky práce

Při tvorbě zařízení jsem se naučil a dozvěděl spoustu nových věcí.

Např.:

- Práce v modelovacím programu Inventor
- Práce s programem Surfcam
- Obrábění na 3-osé CNC frézce
- Práce s převody
- Zdokonalení soustružení
- Řízení servomotorů

Závěr

Manipulátor byl úspěšně zkonstruován a otestován. Byly úspěšně realizovány požadované funkce – manipulace s předměty do hmotnosti 200gramů, řízení osobním počítačem plynule v šesti osách.

V budoucnu bych rád provedl tato vylepšení:

- Přidání tenzometrů pro měření síly stisku
- Zdokonalení řízení spodního stejnosměrného motoru
- Připojení přes USB (pomocí převodníku USB – RS232)
- Zdokonalení řídicího software
 - Zadávání souřadnicových os x,y,z, horizontální úhel, vertikální úhel
- Bezdrátový přenos

Použitá literatura

1. Oldřich Peroutka - Mikrokontroléry PIC 16F87X a důležité rozdíly mezi řadou PIC 16F87X a PIC 16F87XA
2. Katalog GME 2005
3. Využití rozhraní pod Windows
4. Mobilní roboty (pohony, senzory, řízení)
5. Internet

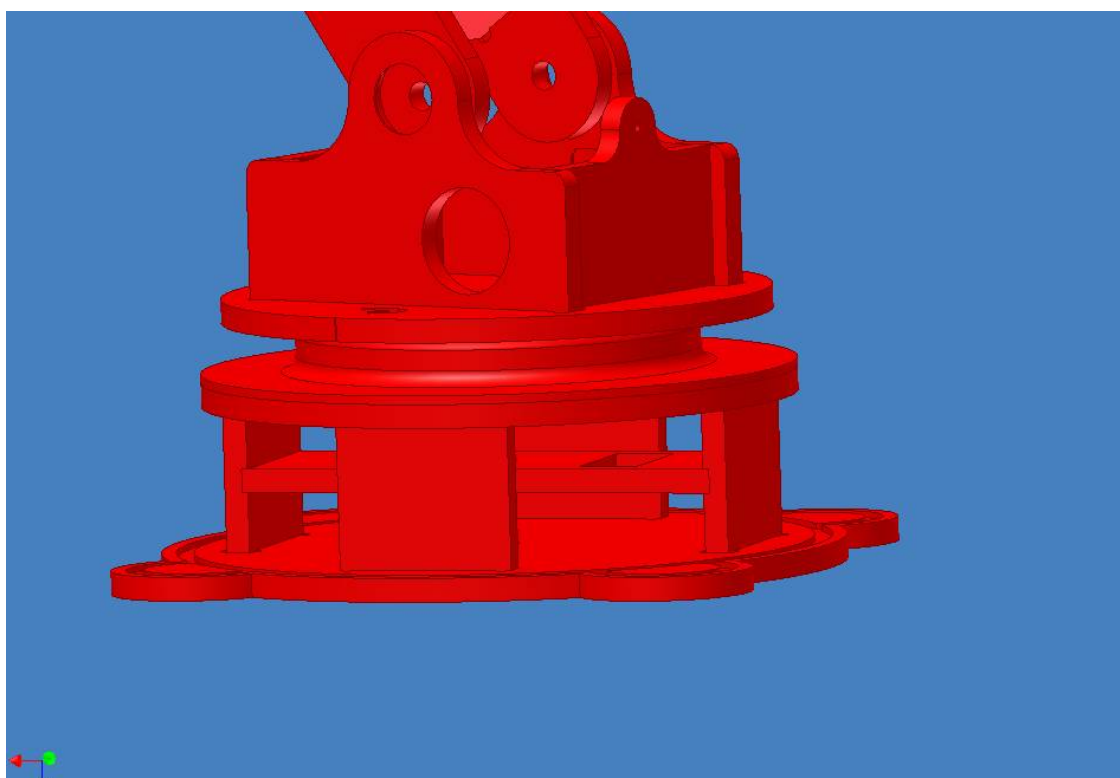
PŘÍLOHA

CD

Podsestava nosných plastových částí



spodní část (bez krytu)



více na CD