

Návrh a realizácia 3-osej CNC frézy

Juraj Kostroš
FEI STU
Jukos3@gmail.com

Abstrakt

Práca sa zaoberá návrhom a realizáciou 3-osej CNC (computer numeric control) frézy ako po mechanickej tak, aj po elektrickej stránke.

Úvod

Nasadenie CNC strojov vo výrobe sa v posledných rokoch veľmi rozširuje a to vďaka tomu, že je možné vyrábať tvarovo zložité diely, ktoré sa nedajú vyrobiť klasickým spôsobom. Výhodami CNC strojov sú hlavne vyššia presnosť, opakovateľnosť, produktivita. Hlavnú nevýhodu predstavujú zriaďovacie náklady. Práca sa zaoberá komplexným návrhom 3-osej CNC frézy, simuláciou jej jednotlivých súčastí, realizáciou mechanickej konštrukcie, návrhom pohonného systému, návrhom a realizáciou riadiacej výkonovej elektroniky.

1. CNC obrábanie
2. Výber typu konštrukcie
3. Simulácia dielov a porovnanie materiálov
4. Mechanická konštrukcia
5. Pohonný subsystém
6. Riadiaci subsystém

1. CNC obrábanie

Princíp CNC stroja spočíva v tom, že nástroj je vedený na základe súradníc z počítačového modelu, čím sa prenáša tvar modelu do polotovaru. Deje sa tak na základe NC dát vygenerovaných CAM modulom na základe virtuálneho CAD modelu.

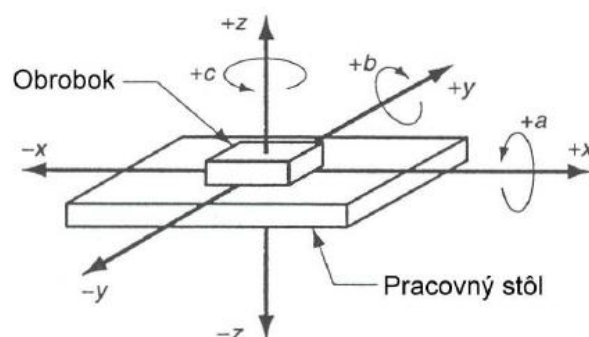


Obr.1. Princíp riadenia CNC stroja

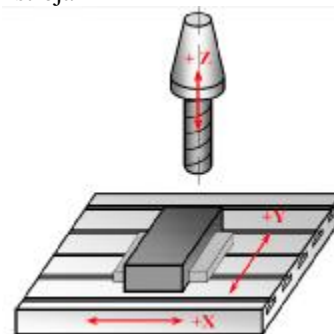
1.1 Numerický riadiaci systém:

Numerický riadiaci (NC) systém je metóda riadenia pohybu komponentov obrábacieho stroja kódovanými inštrukciami vo forme alfanumerických dát. Riadiaci systém stroja automaticky interpretuje tieto dáta a konvertuje ich do výstupných signálov. Tieto signály riadia jednotlivé komponenty stroja ako sú otáčky vretena, výmena nástrojov, pohyb obrobku alebo nástroja po určenej dráhe, zapnutie alebo vypnutie chladenia nástroja emulziou atď. Tieto dáta generuje

väčšinou CAM systém v tvare APT. Je to všeobecný programovací jazyk NC strojov, ktorým sú popísané jednotlivé strojové inštrukcie jednoduchými príkazmi. Tento programovací jazyk vznikol v roku 1958 ako výsledok výskumu v leteckom priemysle. Základom správnej komunikácie je vzájomná koordinácia súradnicového systému CAD/CAM so súradnicovým systémom obrábacieho stroja.



Obr.2. Súradnicový systém používaný v CAD/CAM a NC riadení stroja

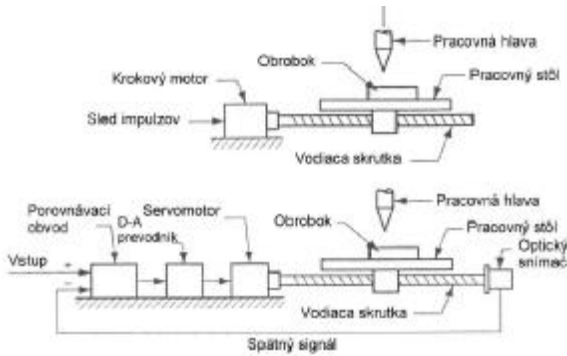


Obr.3. Súradnicový systém 3-osej frézy

1.2 Typy riadiacich obvodov:

Numericky riadené stroje môžu byť riadené dvoma typmi riadiacich obvodov: otvoreným alebo uzavretým obvodom. Pri systéme riadenia otvoreným obvodom signály ku krokovému motoru posielajú procesor, ale pohyb a cieľová poloha pracovného stola nie je kontrolovaná na presnosť a nevykonáva sa korekcia odchýlky. Systém riadenia uzavretým obvodom je vybavený rôznymi meničmi, snímačmi a počítadlami, ktoré presne merajú polohu. Skrze spätnú väzbu je poloha porovnávaná s vyslanými signálmi. Pohyb stola je ukončený, keď je dosiahnutá požadovaná poloha.

Uzavretý systém riadenia je zložitejší a drahší oproti otvorenému.



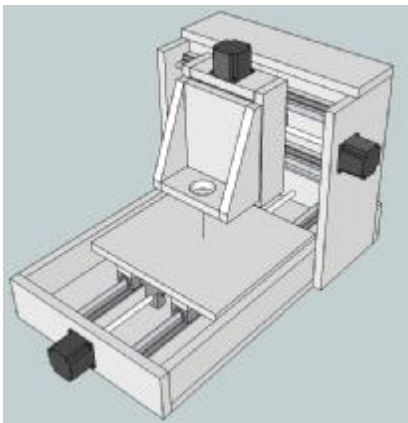
Obr.4. Schéma otvoreného a uzavretého obvodu riadenia pohybu

2. Výber typu konštrukcie

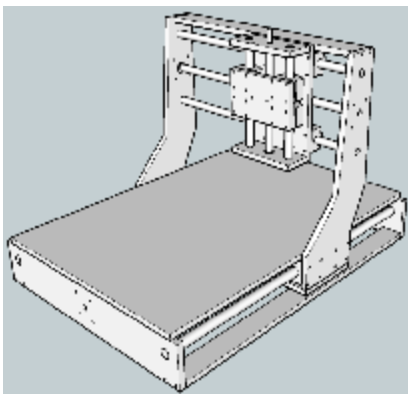
Pri výbere konštrukcie, ktoré sa bežne stavajú v amatérskych podmienkach, sú preferované dva typy:

- frézy s pohyblivým portálom a stacionárnym obrábacím stolom
- frézy so stacionárnym portálom a pohyblivým obrábacím stolom

Rozhodol som sa pre typ s pohyblivým pracovným stolom, pretože táto konštrukcia je ľahšie realizovateľná v amatérskych podmienkach.



Obr.5. Konštrukcia s pohyblivým stolom



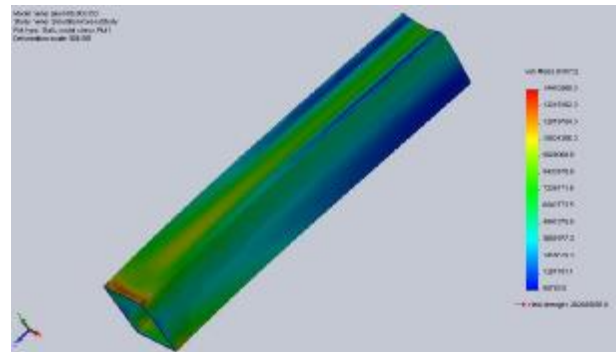
Obr.6. Konštrukcia s pohyblivým portálom

3. Simulácia dielov a porovnanie materiálov

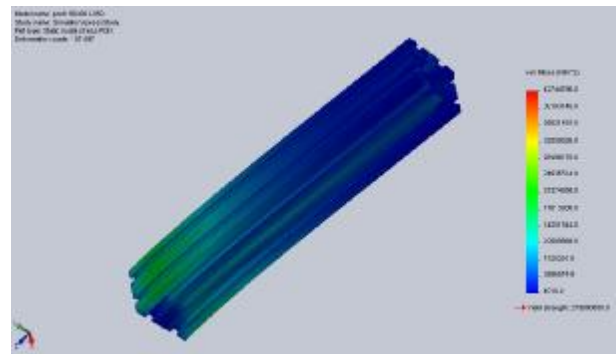
Pri zostavovaní mechanickej konštrukcie som pracoval v návrhovom systéme *Solidworks*, kde je možné vytvárať jednotlivé diely, ktoré sa dajú skladať do zostáv. Tento návrhový systém dokáže aj simulovať zaťaženie jednotlivých prvkov. Pri výbere materiálu bolo vybrané z dvoch druhov:

- oceľový JAKEL 60x60mm
- hliníkový profil s rozmerom 60x60mm

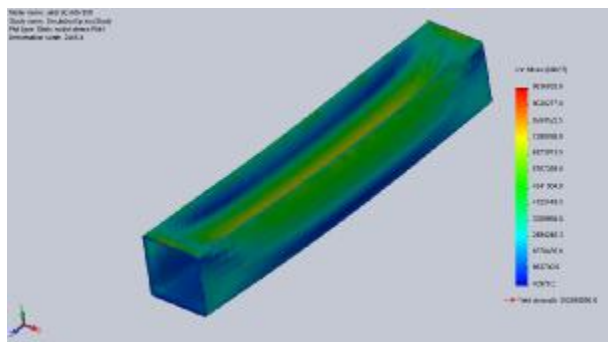
Na obrázkoch vidno ako sa správajú jednotlivé dielce s dĺžkami 350 mm. Zaťažovanie dielu bolo modelované keď má uchytenú len jednu podstavu a taktiež keď má uchytené obe podstavy, lebo v konštrukcii sa ráta s oboma druhmi uchytenia. Diely boli zaťažované silou 500N. Plochy označené červenou farbou presahujú maximálnu hodnotu medze klzu materiálu.



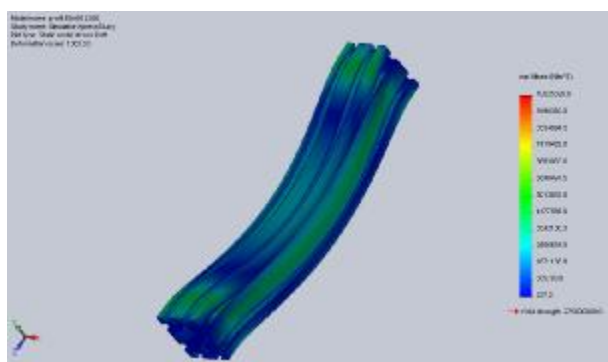
Obr.7. Simulácia namáhania JAKLA, uchytenie na jednom konci.



Obr.8. Simulácia namáhania duralového profilu, uchytenie na jednom konci



Obr.9. Simulácia namáhania JAKLA, uchytenie na dvoch koncoch

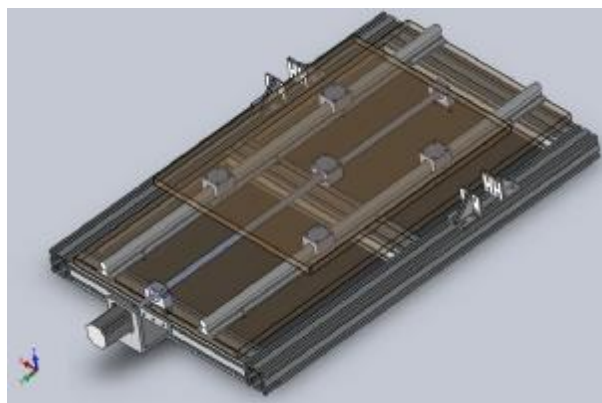


Obr.10. Simulácia namáhania duralového profilu, uchytenie na dvoch koncoch

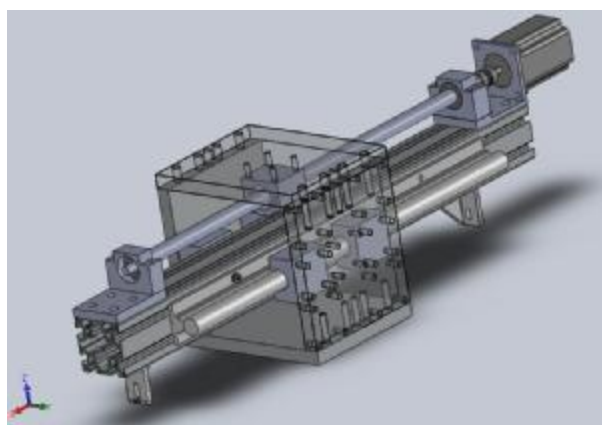
Po prevedení simulácii pevnosti dielov som sa rozhodol pre použitie hliníkového profilu, kvôli lepším mechanickým vlastnostiam, ľahšej obrábiteľnosti a možnosti využiť drážkový systém pri zostavovaní konštrukcie. Veľká výhoda je, že konštrukciu stačí zoskrutkovať dokopy a nie je nutné zváranie dielov, ako by to bolo pri konštrukcii z oceľového profilu.

4. Mechanická konštrukcia

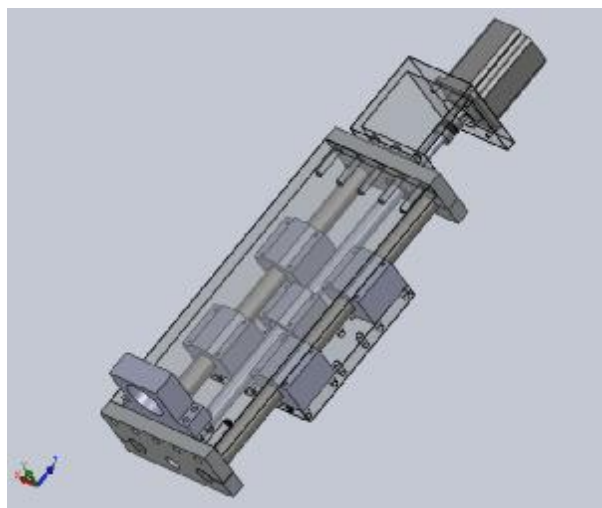
Mechanická konštrukcia je zostavovaná z hliníkových profilov zo zliatiny s označením 6061. Lineárne posuvy sú realizované podopretými tyčami $d = 20\text{mm}$ na osi X a osi Y, lebo majú dobrý pomer cena/výkon a nepružia tak ako nepodopreté tyče na tej istej dĺžke. Na osi Z sú použité nepodopreté tyče $d = 20\text{mm}$, lebo dĺžka tyčí je pomerne malá. Po tyčiach sa pohybujú lineárne ložiská s obehovými guľčkami, takže sa eliminuje klzné trenie a pôsobí iba valivé, ktoré je omnoho menšie. Na prevod rotačného pohybu na pohyb priamočiary sú použité trapézové skrutky s priemerom 16 mm a stúpaním 4 mm na otáčku. Trapézové skrutky sú pri motore uchytené v ložiskových domčekoch, ktoré obsahujú dve ložiská s kosouhlým stykom. Druhý koniec skrutky je uložený v jednoduchom ložisku. Motor je s trapézovou skrutkou spojený pomocou pružnej spojky, ktorá kompenzuje prípadnú nesúosovosť hriadeľa motora a skrutky.



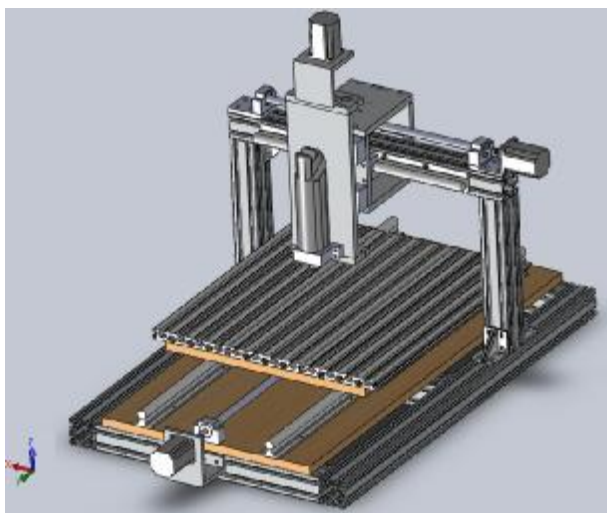
Obr.11. X os stroja



Obr.12. Y os stroja



Obr.13. Z os stroja

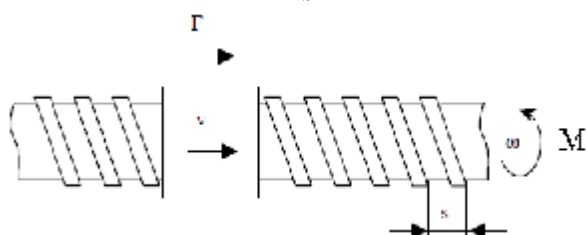


Obr.14. Kompletná zostava stroja

5. Pohonný subsystém

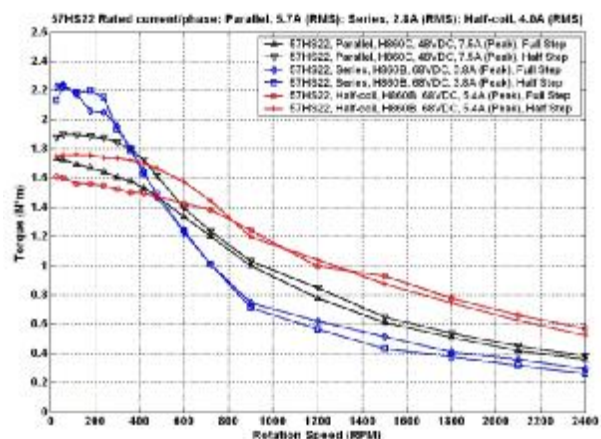
Ako pohony sú použité krokové motory, lebo k riadeniu nepotrebujú spätnú väzbu a pomocou mikrokrokovania sa dá dosiahnuť veľmi jemný chod z vysokým rozlíšením. Cieľom bolo aby fréza vedela obrábať plasty, neželezné kovy a drevo. Tomu sa prispôbovala mechanická konštrukcia, preto treba vhodne dimenzovať krútiaci moment motora. Pri použití krokových motorov sa ráta s 50% výkonovou rezervou, aby nedošlo ku strate kroku, a tým k neželaným nepresnostiam. Silu na skrutke vypočítame podľa vzťahu:

$$F = \frac{M_m \times 2p}{s} \times h$$



Obr.15. Sila pôsobiaca na skrutke.

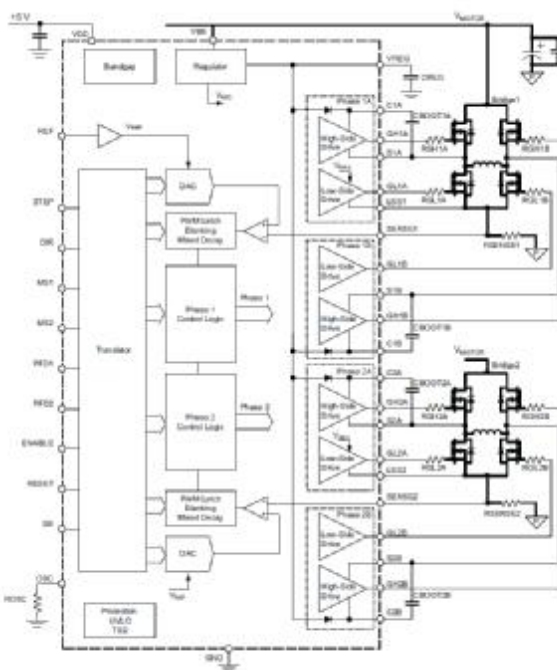
Pri použití motora s krútiacim momentom 2,2 Nm, stúpaní skrutky 4 mm/ot. a účinnosti 60% je sila $F = 2073\text{N}$, čo je viac ako dostačujúce. Na obrábanie ocele je potrebný ťah 1000 N, na obrábanie dreva sa počíta okolo 200 N a farebné kovy sú medzi týmito dvomi hranicami v závislosti na type zliatiny. Motor bol vybratý Leadshine 57HS22.



Obr.16. Momentová charakteristika krokového motora Leadshine 57HS22.

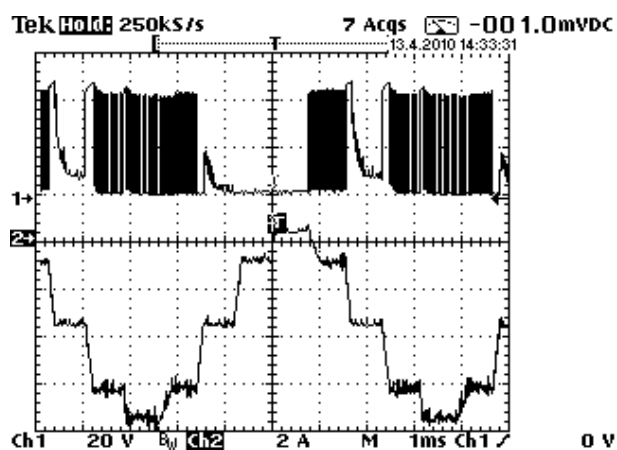
6. Riadiaci subsystém

Postprocesor, ktorý vykonáva interpolácie a riadi pohyby v jednotlivých osiach beží na PC a výstup tvorí signál v forme Step (krok), Dir (smer), Enable. Určuje koľko krokov má urobiť motor a ktorým smerom. Parametre riadiacej elektroniky boli stanovené na 50V/5A s možnosťou mikrokrokovania, možnosť meniť spôsob zániku prúdu cievkou motora, v závislosti na otáčkach a redukcia prúdu motorom, keď motor stojí viac ako 30 sekúnd. Vhodné riešenie sa naskytlo od firmy Allegro Microsystems, Inc. a to s obvodom A3986. Obvod A3986 je budič dvoch H-mostíkov tvorených tranzistormi MOSFET s N-kanálovu vodivosťou. Vnútna logika obvodu ponúka rozlíšenie plný krok, polkrok, 4 mikrokroky a 16 mikrokrokov a možnosť nastavovania spôsobu zániku prúdu v štyroch úrovniach. Vstupný obvod tvorí optické oddelenie

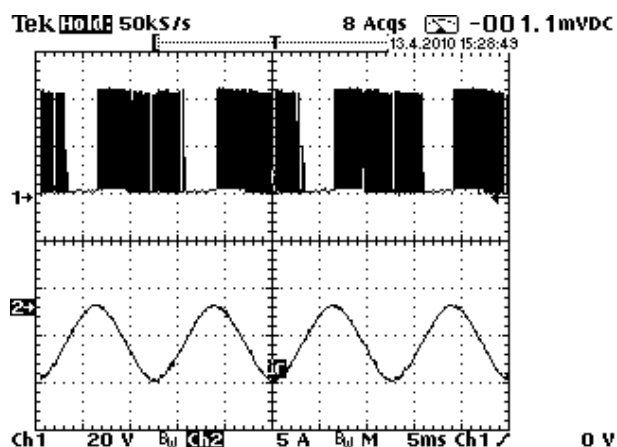


Obr.17. Bloková schéma zapojenia s A3986

pomocou SFH6916. Napájanie logiky je riešené obvodom TL2575HV čo je step-down menič. Vstupné signály Step a Enable sú privedené na vstup procesora ATtiny45, ktorý meria frekvenciu vstupného signálu a v závislosti od nej prepína spôsob zániku prúdu cievkou motora. Po 30 sekundách nečinnosti redukuje prúd motorom na 50%, aby sa neprehrieval. Deje sa to pomocou enable pin-u, na ktorý privádza PWM signál s plnením 50%. Riadiaca elektronika (driver) je na obojstrannej doske, kde kľúčovú úlohu zohral hlavne dobrý návrh výkonovej časti. Napájacie napätie poskytuje spínaný zdroj 48V/20A. Pri testovaní sa driver správal veľmi stabilne a priebeh prúdu pri šesťnástich mikrokrokoch pomerne dobre aproximuje sínusoidu. Prúdy a napätia na cievke motora boli merané osciloskopom Tektronix THS720P a prúdovou sondou.



Obr.18. Priebeh napätia a prúdu na cievke motora polkrok- rozlíšenie motora je 400 krokov/ot.



Obr.19. Priebeh napätia a prúdu na cievke motora šesťnásť mikrokrokov- rozlíšenie motora je 3200 krokov/ot.

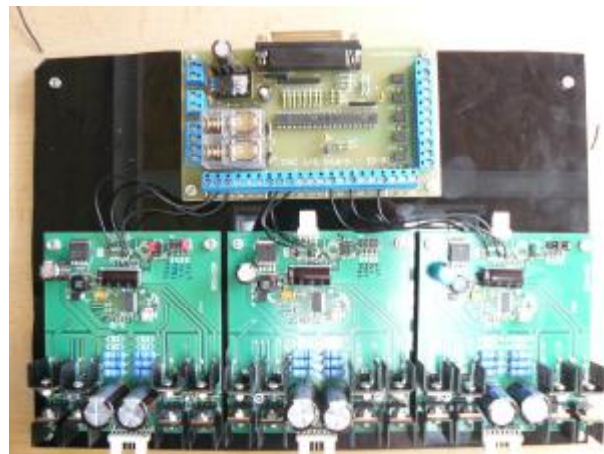
8. Záver

Projekt chcel ukázať, že aj s pomerne malým rozpočtom sa dá postaviť plnohodnotný 3-osý obrábací stroj, ktorý uľahčuje prácu pri prototypovaní.

Do budúcnosti je plánované rozšírenie o štvrtú rotačnú os, na zabezpečenie resp. ošetrovanie koncových polôh použitie indukčných koncových snímačov namiesto terajších mechanických a výroba vákuového upínania obrobru.



Obr.20. 3-osá CNC fréza.



Obr.21. Kompletná riadiaca elektronika CNC frézy

9. Odkazy na literatúru

- [1] <http://www.cncroutersource.com>
- [2] <http://cnczone.com/>
- [3] <http://www.c-n-c.cz/>
- [4] CAD/CAM technológie a CNC obrábanie Michal Fabian