



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

Systém pro řízení obráběcích strojů LinuxCNC

Bakalářská práce

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy
Autor práce: **Radim Adámek**
Vedoucí práce: Ing. František Mejdr



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radim Adámek**
Osobní číslo: **M12000344**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**
Název tématu: **Systém pro řízení obráběcích strojů LinuxCNC**
Zadávající katedra: **Ústav mechatroniky a technické informatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši řídicích systémů pro CNC obráběcí stroje.
2. Seznamte se s prostředím LinuxCNC.
3. Nainstalujte a nakonfigurujte systém LinuxCNC pro základní řízení tříosého obráběcího stroje.
4. Prostudujte možnosti programování pokročilých funkcí, vytvořte nové grafické uživatelské rozhraní.
5. Otestujte systém na reálném stroji.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby dokumentace**

Rozsah pracovní zprávy: **cca 30–40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] **ŠTULPA, Miroslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. Praha: BEN, 2006. 126 s. ISBN 80-7300-207-8.**
- [2] **JELÍNEK, Lukáš. Jádro systému Linux: kompletní průvodce programátora. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, 686 s. ISBN 978-80-251-2084-2.**
- [3] **SOUČEK, Pavel. Servomechanismy ve výrobních strojích. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 210 s. ISBN 80-01-02902-6.**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Mejdr

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Pavel Jandura

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **10. října 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2016**



prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan



doc. Ing. Milan Kolář, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 10. října 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 16. 5. 2016

Podpis: 

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Ing. Františku Mejdrovi, za trpělivé vedení, poskytnuté rady a připomínky při zpracování bakalářské práce.

Dále poděkování patří Lukáši Chvojkovi za to, že poskytl stroj k vyzkoušení řídicího systému LinuxCNC.

Ráda bych také poděkovala celé své rodině za morální podporu a pomoc, kterou mi poskytli při zpracování bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce má za cíl uvést do problematiky CNC strojů, především jejich možnosti řízení. Porovnat dostupná řešení pro řízení. V praktické části se zaměřím na uvedení řídicího systému na skutečný stroj a odzkoušení možného využití ve výrobě. Dále řeším nastavení pro automatickou výměnu nástroje.

Klíčová slova:

řízení CNC strojů, řídicí systém LinuxCNC, doplnění uživatelského prostředí, automatická výměna nástroje

Abstract

This bachelor thesis aims to introduce into the CNC machines, especially their control options. Compare available solutions for control. In the practical part I will focus on the setup control system on a real machine testing of possible use in production. Further I deal with setting for automatic tool change.

Keywords:

CNC machines, control system LinuxCNC, supplementing user interface, automatic tool change

Obsah

Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Abstract.....	5
1 Úvod.....	8
2 CNC stroj.....	8
2.1 Řízený stroj.....	9
2.2 Řídicí soubor.....	10
2.2.1 Přehled základních G kódů.....	10
2.2.2 Přehled základních M kódů.....	14
2.3 Řídicí systém CNC stroje.....	18
2.3.1 Profesionální řídicí systémy.....	18
2.3.2 Amatérské řídicí systémy.....	19
2.3.3 Porovnání profesionálních a amatérských řídicích systémů.....	20
3 Praktická část – použití řídicího systému LinuxCNC.....	21
3.1 Popis řízeného stroje.....	21
3.2 Základní nastavení řídicího systému.....	22
3.2.1 Frézka1.hal.....	22
3.2.2 Frézka1.ini.....	22
3.2.3 Tool.tbl.....	23
3.3 Pokročilá nastavení řídicího systému.....	24
3.3.1 Přidání/Odebrání řízené osy.....	24
3.3.2 Změna chování při hledání nulové pozice.....	26
3.3.3 Nastavení integrovaného PLC.....	27
3.4 Grafické prostředí řídicího systému.....	28
3.5 Výměna nástroje.....	29
4 Závěr.....	32
Použitá literatura.....	33
Přílohy.....	34
A Obsah Přiloženého CD.....	34
B Další grafická prostředí LinuxCNC.....	35

Seznam ilustrací

Obr. 1: Multifunkční obráběcí centrum firmy Mazak.....	8
Obr. 2: Příklad kruhového pohybu.....	10
Obr. 3: Schéma zapojení s krokovými motory.....	20
Obr. 4: Nastavení tabulky nástrojů.....	23
Obr. 5: Zjednodušená tabulka nástrojů pro frézku.....	23
Obr. 6: Schématické značky vstupních kontaktů.....	27
Obr. 7: Schématické značky výstupních cívek.....	27
Obr. 8: PLC program pro ovládání výstupu tlačítka Start a Stop.....	27
Obr. 9: Základní grafické prostředí AXIS.....	28
Obr. 10: Zobrazení stavu paralelního portu.....	29
Obr. 11: Zobrazení stavu vřetena.....	29

1 Úvod

V první polovině práce se zabývám základními parametry CNC (Computer numeric control) strojů, kde se zaměřuji především na řídicí systém a jazyk ve kterém probíhá jejich programování. Dále porovnám některé profesionální a amatérské řídicí systémy. V praktické části se zaměřím na amatérský řídicí systém LinuxCNC, který jsem měl nastavit na konkrétní stroj a nastavit základní a některé pokročilé funkce.

2 CNC stroj

CNC stroj, neboli počítačem řízený stroj, je stroj upravený pro automatickou výrobu. Při automatickém řízení obráběcího stroje je možné dosáhnout stejné kvality, rozměrů a tolerancí u každého výrobku. Dokáže tedy odstranit lidskou chybu a tím zvýšit kvalitu celého výrobního procesu, zamezení výroby vadných kusů.

Používají se především ve velkokapacitním výrobním systému, kde každá součástka musí odpovídat výrobním specifikacím aby ji bylo možné použít k sestavení výsledného produktu. Takto se používá např. v automobilovém průmyslu na výrobu dílů motoru, převodovky a dalších, stroje dále najdou uplatnění i při návrhu nových součástek a to díky jejich jednoduchému přeprogramování.

CNC stroj se skládá ze dvou základních dílů. Jedná se o samotný řízený stroj a řídicí systém, který je v některých případech součástí stroje. Tyto dva díly slouží k vykonání řídicího souboru, ve kterém jsou sepsány veškeré úkony stroje. O jednotlivých částech se dočtete v následujících kapitolách.

Samotné ovládání CNC stroje, a jeho naprogramování na daný úkol, závisí na obsluze, která se stará o vložení, upnutí a vyjmutí opracovávané součástky, obsluha může být lidská, nebo robotická. Prvotní nastavení a odzkoušení při změně řídicího souboru vždy závisí na lidské obsluze. Tímto postupem se zkontrolují případné chyby ve výrobním procesu.

2.1 Řízený stroj

Řízený stroj musí splňovat následující parametry. Automatické ovládání pohybu stroje, které slouží k pohybu nástroje po předem stanovených drahách. Snímače polohy slouží k určení polohy nástroje v souřadném systému stroje a bezpečnostní koncové spínače, více o senzorech umístěných na CNC stroji se dočtete v kapitole Řídicí systém CNC stroje.

Automatické ovládání pohybu se provádí za pomoci motorizovaného pohybu jednotlivých os stroje (X, Y, Z u nejjednoduššího příkladu). Nejkomplikovanější stroje mají možnost pohybu a otáčení okolo os, jedná se o obráběcí centra viz Obr. 1. Na takovémto obráběcím centru je možná výroba komplikovaných součástek při zachování vysoké přesnosti výrobního procesu.

Z důvodu bezpečnosti bývá řídicí stroj vybaven koncovým spínačem v obou krajních polohách jednotlivých os, tímto je zaručeno, že nástroj neopustí předem danou oblast pohybu a nemělo by docházet k nárazu do jiných částí stroje. Případně se celý pracovní prostor uzavírá krytem a tím je docíleno zvýšení bezpečnosti obsluhy vůči odlétávajícím nečistotám.



Obr. 1: Multifunkční obráběcí centrum firmy Mazak

2.2 Řídicí soubor

K řízení CNC strojů slouží ovládací soubor s přesně danou strukturou textu a použitými kódy k rozdělení jednotlivých pohybů. Struktura textu v souboru je soupis nejčastěji G a M kódů, kde na každém řádku je pouze jeden příkaz, případně je možné do řádku doplnit některé konfigurace pohybu. Všechny řídicí soubory vycházejí ze standardu RS274/NGC. Výrobci řídicích systémů si základní příkazy doplňují. V soupisu G kódů jsou zaznamenány pohyby a vlastnosti nástroje, dále je zde možné měnit několik předem nastavených souřadných systémů stroje. V soupisu M kódů je zaznamenáno chování stroje.

V důsledku doplnění některých funkcí nad rámec standardu je nutné při vytváření řídicího souboru používat sadu instrukcí pro daný řídicí systém stroje. Soubor se může vytvářet psáním vlastního kódu, nebo použitím softwaru CAM (Computer aided manufacturing), který z tvaru 3D počítačového modelu a zadaných parametrů vytvoří soubor pro určitý řídicí systém.

2.2.1 Přehled základních G kódů

G kódy slouží k určení pohybů, které má stroj provést, včetně vlastností těchto pohybů. Základní podmínkou pro vykonání pohybu je, že stroj musí znát svou polohu ve svém souřadném systému. Po každém spuštění stroje je nutné znovu najít domácí pozici, tato pozice se uloží jako (x0,y0,z0) v základním souřadném systému stroje. Zároveň se nastaví rozsah pohybu jednotlivých os podle předešlého nastavení. Dále následuje výpis základních G a M kódů na řídicím systému LinuxCNC. Všechny příklady budou v absolutních vzdálenostech viz. kódy G90, G91 a na tří-osém stroji X, Y, Z.

2.2.1.1 G0

Jedná se o nepracovní lineární posun na určitou pozici. U tohoto příkazu se nedá nastavit rychlost a provede se největší možnou rychlostí stroje. Používá se například na začátku a na konci programu

```
G0 X0 Y0 Z0      (Posuv největší rychlostí ze současné  
                  pozice na pozici x0 y0 z0)
```

2.2.1.2 G1

Jedná se o pracovní lineární posun na určitou pozici. U pracovního posunu je nutné alespoň jednou nastavit rychlost, kterou se bude posun vykonávat. Nastavení rychlosti se provádí za pomoci kódu F, kde číslo následující za tímto kódem udává rychlost posunu v nastavených jednotkách (milimetr, palec) za minutu.

G1 X100 Y50 Z0 F1000 (Posuv rychlostí 1000mm/min ze současné pozice na pozici x100 y50 z0)

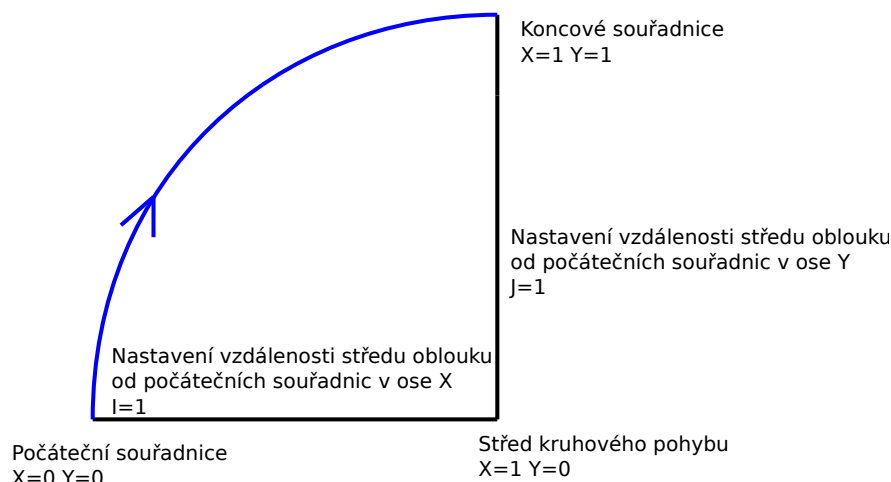
G1 Z-10 (Posuv stejnou rychlostí 1000mm/min ze současné pozice na pozici x100 y50 z-10)

2.2.1.3 G2, G3

Jedná se o pracovní posun po kružnici po směru (G2), nebo proti směru (G3) hodinových ručiček. Zde je nutné zadat rychlost posunu za pomoci kódu F, kde číslo udává rychlost ve stupních za minutu

G0 X0 Y0 Z0

G2 X1 Y1 I1 F10 (Posuv rychlostí 10 otáček/min ze současné pozice na pozici x1 y1 kruhovým obloukem po směru hodinových ručiček, viz. Obr. 2)



Obr. 2: Příklad kruhového pohybu

2.2.1.4 G4

Jedná se o kód nastavující čekání před vykonání dalšího příkazu. Používá se například při čekání na roztočení vřetena vrtačky, přivedení chlazení k nástroji, nebo z důvodu jiného technologického procesu.

G4 P10 (Nastavení čekání 10 vteřin)

2.2.1.5 G10 L2

Kód nastavující další souřadné systémy stroje, používá se k nastavení pracovní nulové pozice, tak aby byla stejná s nulovými souřadnicemi u vyráběného komponentu. Celkem se dají nastavit dalších 9 doplňkových souřadných systémů. Nastavení nemění používaný souřadný systém, nutno použít kódy G54 – G59.3.

G10 L2 P1 X20 Z5 (Nastavení prvního dodatkového souřadného systému na pozici x20 y0 z5 oproti základním souřadnému systému)

G10 L2 P1 X0 Y0 Z0 (Restartování souřadného systému 1, souřadný systém stejný jako základní souřadný systém stroje)

G10 L2 P2 R90 (Nastavení druhého dodatkového souřadného systému rotací kolem osy z o 90° proti směru hodinových ručiček při pohledu proti směru osy z)

2.2.1.6 G20, G21

Kódy nastavují jednotky stroje milimetry, nebo palce. Pokud není určeno v řídicím souboru, použije se hodnota z konfiguračního souboru. Je vhodné vložit na začátek řídicího souboru k určení správných jednotek stroje.

G20 (Nastavení jednotek stroje na palce)

G21 (Nastavení jednotek stroje na milimetry)

2.2.1.7 G28, G28.1

Pohyb na předem uloženou pozici. Uložená pozice je v absolutních souřadnicích. Stejně u kód G30, G30.1

G28.1	(Uložení současné pozice stroje)
G28	(Pohyb stroje na uloženou pozici z kódu G28.1)
G28 Z10	(Nejprve pohyb nástroje v ose z, poté pohyb na uloženou pozici z kódu G28.1)

2.2.1.8 G53

Kód sloužící pro pohyb v základním souřadném systému stroje viz. Kód G10 L2. Používá se například na konci programu, kde by nástroj překážel obsluze při manipulaci s výrobkem.

G53 G0 X0 Y0 Z0	(Pohyb na souřadnice x0 y0 z0 v základním souřadném systému stroje tj. Domácí nulové souřadnice)
-----------------	--

2.2.1.9 G54 – G59.3

Kódy sloužící pro přepínání různých souřadných systémů, nejprve jsou souřadné systémy nutné nastavit kódy G10 L2.

G54	(Přepnutí na druhý souřadný systém)
G55	(Přepnutí na třetí souřadný systém)
G56	(Přepnutí na čtvrtý souřadný systém)
G57	(Přepnutí na pátý souřadný systém)
G58	(Přepnutí na šestý souřadný systém)
G59	(Přepnutí na sedmý souřadný systém)
G59.1	(Přepnutí na osmý souřadný systém)
G59.2	(Přepnutí na devátý souřadný systém)
G59.3	(Přepnutí na desátý souřadný systém)

2.2.1.10 G90, G91

Jedná se kódy nastavující absolutní (g90), nebo relativní vzdálenosti vykonávaných pohybů. Absolutní vzdálenost udává přesnou pozici v právě používaném souřadném systému.

G90	(Nastavení absolutní vzdálenosti)
G0 X100 Y0 Z10	(Posuv největší rychlostí ze současné pozice na pozici x100 y0 z10 v aktuálním souřadném systému)
G91	(Nastavení relativní vzdálenosti)
G0 X-10 Y0 Z20	(Posuv největší rychlostí ze současné pozice na pozici vzdálené o X-10 y0 z20 od současné pozice v aktuálním souřadném systému)

2.2.2 Přehled základních M kódů

M kódy slouží k nastavení vlastností stroje při vykonávání programu. Dále slouží ke komunikaci za pomoci digitálních, nebo analogových vstupů a výstupů.

2.2.2.1 M0, M1

Podmíněné a nepodmíněné pozastavení programu. Stroj setrvává v automatické režimu ovládání. Po opakovaném spuštění program pokračuje od následující řádky programu.

M0	(Nepodmíněné pozastavení stroje)
M1	(podmíněné pozastavení stroje, je nutný další spínač pro zastavení)

2.2.2.2 M2, M30

Kódy sloužící k ukončení programu. Slouží k zastavení stroje, tak aby bylo možné pro obsluhu bezpečně pracovat s výrobkem. Při zastavení stroje dojde k těmto základním úkonům:

- Zastavení automatického ovládání stroje, přepnutí na manuální ovládání.
- Nastavení strojního souřadného systému, stejné jako G54 – G59.3.
- Nastavení absolutní vzdálenosti, stejné jako G90 viz. G90, G91.
- Zastavení vřetena nástroje, stejné jako M5 viz. M3, M4, M5.
- Zastavení veškerého chlazení nástroje, stejné jako M9 viz. M7, M8, M9.

M2	(Ukončení programu, nedochází k návratu na první řádek programu, po spuštění proběhne příkaz na následujícím řádku)
M30	(Ukončení programu a návrat na první řádek programu)

2.2.2.3 M3, M4, M5

Kódy sloužící k ovládání a zastavování vřetena nástroje, nutné doplnit o rychlost otáčení za pomoci S kódu. Je možné nastavovat směr otáčení i při nulové rychlosti nástroje.

M3 s10	(Nastavení otáčení vřetena nástroje po směru hodinových ručiček na rychlost 10otáček/min)
M4 s10	(Nastavení otáčení vřetena nástroje proti směru hodinových ručiček na rychlost 10otáček/min)
M5	(Zastavení vřetena nástroje)

2.2.2.4 M6

Kód sloužící pro výměnu nástroje. Mohou nastat dvě možnosti výměny nástroje. Pokud není nastaveno v tabulce nástrojů umístění vybíraného nástroje v držáku nástrojů, dochází k manuální výměně nástroje, jinak dojde k automatické výměně. Při manuální výměně dojde k zastavení vřetena nástroje, poté musí obsluha vyměnit nástroj a spustit pozastavený program. Při provádění tohoto kódu nedochází k zastavení chladicího média.

M6 T2	(Výměna současného nástroje za nástroj nastavený na pozici 2 v tabulce nástrojů)
-------	--

2.2.2.5 M7, M8, M9

Kódy sloužící k ovládání chlazení místa obrábění. Chlazení při obrábění slouží k ochlazování a mazání obráběného místa, tím napomáhá k menšímu opotřebení řezného nástroje, zároveň dochází i k odvádění odebraného materiálu z místa prováděné strojní operace.

M7	(Zapnutí chlazení pomocí olejové mlhy)
M8	(zapnutí chlazení pomocí proudu chladicí kapaliny)
M9	(Vypnutí všech chladících médií)

2.2.2.6 M62 – M65

Kódy sloužící k ovládání digitálních výstupů stroje.

M62 P2	(Zapnutí digitálního výstupu 2 společně s pohybem stroje)
M63 P2	(Vypnutí digitálního výstupu 2 společně s pohybem stroje)
M64 P1	(Zapnutí digitálního výstupu 1)
M65 P1	(Vypnutí digitálního výstupu 1)

2.2.2.7 M66

Kód sloužící k čekání na digitální vstup stroje. Čekání může probíhat ve čtyřech režimech:

- Režim 1: Vzestupná hrana – čekání až na vybraném vstupu proběhne přechod z logické 0 na logickou 1.
- Režim 2: Sestupná hrana – čekání až na vybraném vstupu proběhne přechod z logické 1 na logickou 0.
- Režim 3: Čekání na logickou 1 – čekání až na vybraném vstupu bude logická 1.
- Režim 4: Čekání na logickou 0 – čekání až na vybraném vstupu bude logická 0.

M66 P2 L3 Q5 (Čekání, po dobu maximálně 5 vteřin, na logickou 1 na digitálním vstupu 2)

M66 E2 L2 Q10 (Čekání, po dobu maximálně 10 vteřin, na vzestupnou hranu na analogovém vstupu 2)

2.3 Řídicí systém CNC stroje

Řídicí systém slouží k ovládání pohybů a periférií stroje podle řídicího souboru. Odesílá signály k řídicím jednotkám jednotlivých motorů na osách stroje, případně dalším obvodům např. ventil ovládající chlazení. Přijímá signály z jednotlivých čidel stroje a vyhodnocuje postup řídicím programem. Některé řídicí systémy se mohou dodávat také k úpravě stávajícího stroje a tím prodloužit jeho životnost a rozšířit o další funkce.

Řídicí systém musí znát polohu nástroje a podle řídicího souboru provádět jednotlivé pohyby nástroje. Nejzákladnějším řízením je přímé řízení bez zpětné vazby, kdy si program pouze na začátku najde nulový bod jednotlivých os a poté polohu nástroje vypočítává z pohybů, které vykonal. Poloha ale není zaručena a v případě chyby jí řídicí systém nerozezná. Ve druhém případě je stroj doplněn snímač polohy jednotlivých os a řídicí program je schopen určit přesnou polohu. U obou případů je nutné prvotní nalezení nulového bodu jednotlivých os, toto se provádí za pomoci snímače na jednom konci dráhy jednotlivých os. Snímač je poté umístěn v nulovém bodě, nebo v předem dané vzdálenosti od nulového bodu stroje.

V závislosti na aktuální poloze, cílové poloze a prováděném pohybu řídicí systém odesílá potřebná data řídicím jednotkám motorů, tím je docílena potřebná trajektorie nástroje. Řídicí systém určuje rychlost a zrychlení výsledného pohybu a poskytuje různá data pro jednotlivé motory.

2.3.1 Profesionální řídicí systémy

Profesionální řídicí systémy se mohou dodávat společně s novým strojem, kde je nastavení upraveno pro konkrétní stroj bez nutné úpravy. Řídicí systémy obsahují průmyslové konektory a standardy pro komunikaci s perifériemi.

2.3.1.1 *Siemens Sinumerik*

Řídicí systém Siemens Sinumerik se nabízí v několika provedení (808, 828, 840Dsl). Kde pro základní ovládání na jednoduchém maximálně čtyř-osém stroji až po modulární systém s maximálním počtem 31 ovládaných os. Řídicí systémy mají kontrolu nárazu. Nejvyšší řady těchto systémů mají integrované PLC (programovatelný logický automat) pro ovládání přidružených částí stroje.

2.3.1.2 *Fanuc Power Motion i*

Řídicí systém který podporuje, po připojení externího modulu, řízení maximálně 32 ovládaných os. Podporuje některé standardní průmyslové komunikační protokoly např.: PROFIBUS-DP, DeviceNet a CC-Link. Také obsahuje PLC pro komunikaci s periferiemi stroje. Řídicí systém dále obsahuje kontrolu kolize nástroje.

2.3.2 Amatérské řídicí systémy

Amatérské řídicí systémy se dodávají pouze na softwarové úrovni a je nutno veškerý hardware doplnit. Propojení řídicího systému se strojem je za pomoci paralelního portu, nebo rozšiřující PCI karty. Mohou ovládat krokové, nebo servo motory. Spolupráce se servo motory je zajištěna pouze s uzavřenou zpětnovazební smyčkou. Řídicí systém odesílá požadovanou polohu osy a řídicí jednotka motoru se stará o dojezd na zadanou polohu, podle signálů o poloze.

2.3.2.1 *LinuxCNC*

Řídicí systém vyvíjený na linuxové distribuci debian, tímto je zajištěna větší stabilita výsledného řízení. Systém podporuje současné ovládání až 9 os. Dále dovoluje vytvoření virtuálního PLC. Na základě šíření řídicího systému s veškerými zdrojovými kódy, je možné tento řídicí systém použít pro velkou škálu různých strojů.

2.3.2.2 *Mach*

Řídicí systém je vyvíjen na operační systém Microsoft Windows. Systém podporuje současné ovládání až 6 os. Řídicí systém je schopen ovládat pouze stroje se základní kinematikou. Komunikace s periferiemi stroje pouze za pomoci protokolu ModBus.

2.3.3 Porovnání profesionálních a amatérských řídicích systémů

Profesionální a amatérské systémy mají různé hardwarové a softwarové vybavení. S těmito rozdíly jsou určeny základní parametry výsledného řízení. Dalším rozdílem řídicích systémů je různý počet najednou řízených motorů, z čehož vyplývá možné použití na různých strojích.

Tabulka 1: Porovnání řídicích systémů

Řídicí systém	Profesionální		Amatérské	
	Siemens Sinumerik	Fanuc Power Motion i	LinuxCNC	Mach
Maximální počet ovládaných os	31	32	9	6
Ovládání periferií	PLC a průmyslové sběrnice	PLC a průmyslové sběrnice	Digitální vstupy a výstupy, integrované PLC	Digitální vstupy a výstupy

2.3.3.1 Hardwarové rozdíly

Hlavními rozdíly profesionálních a amatérských řídicích systémů jsou použité komponenty a propojení ke komunikaci s motory, tyto vlastnosti určují především rychlost výsledného řízení. Dále je rozdíl v počtu maximálně ovládaných os, kdy profesionální systémy mohou díky přídatným modulům ovládat až kolem 30 os.

Profesionální systémy používají speciálně upravený hardware a komunikují prostřednictvím sběrnic s jednotlivými motory. Tímto uspořádáním je zaručeno rychlejší řízení stroje, z důvodu větší frekvence přenášených dat.

Amatérské systémy používají klasický počítačový hardware a pro komunikaci s motory slouží paralelní port, případně speciální karty do PCI, nebo USB slotu počítače. Použité komponenty určují výslednou rychlost řízení např.: procesor, druh a velikost paměti, základní deska.

2.3.3.2 Softwarové rozdíly

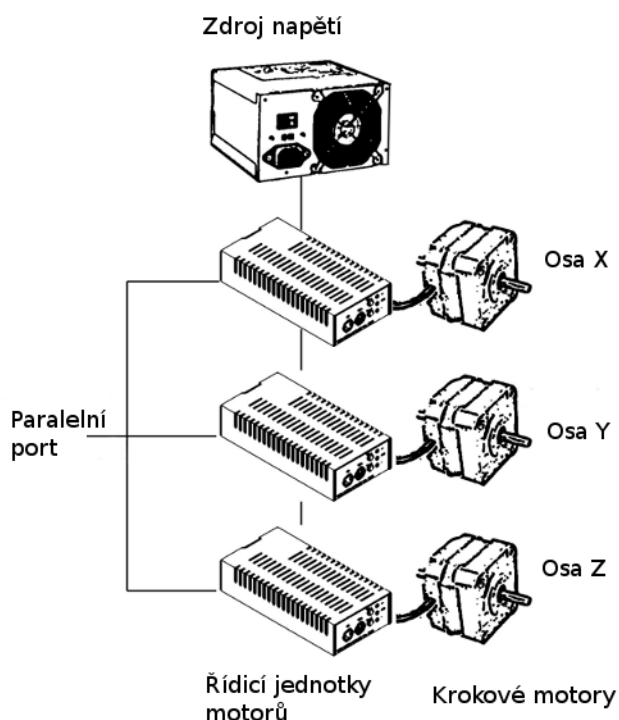
Profesionální systémy mají za úkol pouze automatické řízení stroje. Z tohoto důvodu je možné naprogramovat procesor pouze na daný úkol a urychlit vykonávání jednotlivých příkazů. Pro vnitřní komunikaci je možné použít vlastní délku, rozložení a rychlost jednotlivých komunikačních paketů.

Amatérské systémy jsou aplikační nástavbou klasických operačních systémů. Řízení stroje je pouze jedna z mnoha aplikací operačního systému a proto není využit celý výkon počítače k řízení. Dalším omezením je použití

3 Praktická část – použití řídicího systému LinuxCNC

3.1 Popis řízeného stroje

Použitý stroj měl tři pohyblivé osy (X, Y, Z), které jsou poháněny pomocí krokových motorů a ovládaných přes jeden paralelní port. Dále na stroji byly umístěny koncové spínače, které byly zároveň použity k nalezení domácích souřadnic stroje. Schéma zapojení počítače s motory je na Obr. 3.



Obr. 3: Schéma zapojení s krokovými motory

3.2 Základní nastavení řídicího systému

Pro nastavení řídicího systému byl použit průvodce pro stroj s krokovými motory, který podle zadaných parametrů vytvoří základní konfigurační soubory (*Frézka1* je pouze označení stroje):

- *Frézka1.hal* – soubor sloužící k propojení řídicího programu s ovládaným strojem.
- *Frézka1.ini* – soubor obsahující konfiguraci řídicího systému a stroje.
- *tool.tbl* – tabulka nástrojů s jejich základními parametry.

Konfigurační soubory mají přehlednou strukturu a je možné je upravovat pro dosažení požadovaného chování stroje. Jednotlivé soubory a strukturu popisují následující kapitoly.

3.2.1 Frézka1.hal

Soubor obsahuje propojení řídicího programu se skutečným strojem. Obsahuje Ovládání pro paralelní port, rychlost vřetena stroje, rychlost komunikace pro jednotlivé motory. Při správné použití průvodce nastavení je tento soubor již správně vytvořen a ve většině případů ho není nutné měnit.

3.2.2 Frézka1.ini

Soubor obsahuje v několika kategoriích základní vlastnosti stroje. Určuje chování a vzhled řídicího programu. Následující kapitoly obsahují některé kategorie souboru.

3.2.2.1 [DISPLAY]

Tato část určuje základní vlastnosti řídicího programu na obrazovce počítače. Jaké má být použito grafické prostředí. Jaký řídicí soubor se má nahrát po zapnutí programu. Který editor se má použít při manuální úpravě řídicího souboru při případné editaci. Nastavení zobrazení použitých souřadnic (absolutních nebo relativních). Další možné nastavení v této kategorii je popsáno v kapitole Pokročilá nastavení řídicího systému. Vypsání parametrů jsou v následujícím příkladu, příklad neobsahuje veškeré parametry.

```
[DISPLAY]
DISPLAY = axis          (Použité grafické prostředí)
EDITOR = gedit          (program pro editaci řídicího
                        souboru v řídicím systému)
POSITION_OFFSET = RELATIVE (Nastavení zobrazovaných
                        souřadnic v uživatelském
                        prostředí)
```

3.2.2.2 [TRAJ]

Tato část obsahuje základní vlastnosti ovládaného stroje. Obsahuje celkový počet os včetně jejich názvu, názvy os se používají v řídicím souboru. Dále obsahuje jaké jednotky se používají u lineárních (mm, palec) a rotačních (deg, rad, grad) pohybů, jednotky použité v této sekci neovlivňují použité jednotky řídicího souboru, kde se u lineárních pohybů používají kódy G20, G21 a při kruhovém pohybu se vždy využívají v úhlových stupních.

3.2.2.3 [AXIS_#]

Tato část obsahuje přesné nastavení osy, oddíl je nutný pro každou osu zvlášť. Obsahuje jaký pohyb osa vykonává (lineární, rotační). Dále obsahuje nastavení osy jako např.: maximální rychlost a zrychlení (zrychlení pouze u servomotorů), celkovou dráhu osy v jednotkách určených v kategorii [TRAJ]. Dále sekce obsahuje konfiguraci při hledání domácích souřadnic, rychlost a směr pohybu při hledání a pozice nulové souřadnice od spínače domácí polohy.

3.2.3 Tool.tbl

Soubor obsahující vlastnosti jednotlivých používaných nástrojů. Do tohoto souboru se zapíše používané nástroje a tím je zjednodušena výměna. Je možné například použít stejný soubor mezi více stroji, kde v sekci [EMCIO] je zaznamenána alternativní cesta k tomuto souboru.

Předvyplněná tabulka nástrojů viz. Obr. 4 , jedná se o vygenerovanou tabulku po spuštění průvodce nastavením. Vyobrazená tabulka obsahuje všechna možná nastavení nástroje, aby nedocházelo k nejasnostem je možné upravit zobrazení v souboru Frézka1.ini v sekci [DISPLAY] , výsledná tabulka pro frézku, kde se zajímáme pouze o určité rozměry, viz. Obr. 5.

Del	TOOL	POC	X	Y	Z	A	B	C	U	V	W	DIAM	FRONT	BACK	ORIEN	COMMENT
<input type="checkbox"/>	1	1			0.511							0.125				1/8 end mill
<input type="checkbox"/>	2	2			0.1							0.0625				1/16 end mill
<input type="checkbox"/>	3	3			1.273							0.201				#7 tap drill

Obr. 4: Nastavení tabulky nástrojů

Del	TOOL	POC	Z	DIAM	COMMENT
<input type="checkbox"/>	1	1	0.511	0.125	1/8 end mill
<input type="checkbox"/>	2	2	0.1	0.0625	1/16 end mill
<input type="checkbox"/>	3	3	1.273	0.201	#7 tap drill

Obr. 5: Zjednodušená tabulka nástrojů pro frézku

3.3 Pokročilá nastavení řídicího systému

Pokročilá nastavení určují specifické chování řídicího systému stroje, pro změnu těchto parametrů je nutná manuální úprava konfiguračních souborů popsanych v předchozích kapitolách. V následujících kapitolách se zaměřím na úpravu chování řídicího systému, především na odlišnosti nastavení na různých strojích. Může se například jednat o přidání, nebo odebrání řízené osy, úpravu způsobu nacházení nulové pozice stroje.

3.3.1 Přidání/Odebrání řízené osy

Při úpravě počtu ovládaných os je nutné změnit soubor Frézka1.hal, který se stará o komunikaci mezi řídicím systémem a strojem. Úprava chování řídicího systému v souboru Frézka1.ini kde je nutné změnit počet ovládaných os a přidat/odebrat nastavení jednotlivých os. V obou souborech musí být nastaven stejný počet ovládaných os. V příkladu je zobrazeno přidání 4 osy s označením *A*, jedná se o rotační pohyb kolem osy *X*.

3.3.1.1 *Úprava souboru Frézka1.hal*

Tento soubor obsahuje vlastnosti komunikace paralelního portu a řídicí jednotky motoru. Probíhá zde propojení vnitřní komunikace systému se skutečným propojením paralelního portu.

```
net astep      =>   parport.0.pin-08-out
net adir       =>   parport.0.pin-09-out
net home-a     <=   parport.0.pin-13-in
```

Dále se zde nachází nastavení pro rychlost komunikace s jednotkou motoru. Dále je zde propojení generátoru signálů s pokyny řídicího systému.

```
setp stepgen.3.dirhod      3500
setp stepgen.3.dirsetup    3500
net astep      <=   stepgen.3.step
net adir       <=   stepgen.3.dir
net home-a     =>   axis.3.home-sw-in
```

3.3.1.2 *Úprava souboru Frézka1.ini*

Soubor upravuje chování řídicího systému z uživatelského hlediska. Mění vlastnosti ovládaných os. Dále upravuje zobrazovaný počet ovládaných os v manuálním režimu stroje. V příkladu je zobrazeno přidání 4 osy s označením *A*, jedná se o rotační pohyb kolem osy *X*.

```
[TRAJ]
AXES = 4
COORDINATES = X Y Z A
LINEAR_UNITS = mm
ANGULAR_UNITS = degree

[AXIS_3]
TYPE = ANGULAR
MAX_VELOCITY = 20
MIN_LIMIT = -360
MAX_LIMIT = 360
```

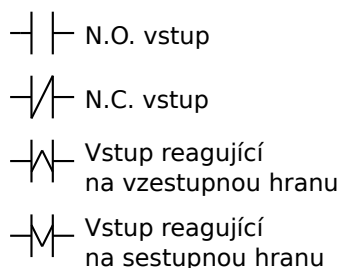
3.3.2 Změna chování při hledání nulové pozice

Chování stroje při hledání nulových souřadnic jednotlivých os se nachází v souboru Frézka1.ini. V sekci každé osy [AXIS_#] se nacházejí různé možnosti konfigurace. Může se jednat o vzdálenost nulové pozice odd spínače, dále o rychlost jaká bude použita při hledání spínače.

```
[AXIS_#]
HOME = 0.0          (Souřadnice na které se posune osy po
                    skončení hledání nulové pozice.)
HOME_OFFSET = 100   (Vzdálenost nulového spínače od
                    skutečné nulové pozice.)
HOME_SEARCH_VEL = 5.0 (Rychlost která bude použita pro
                    hledání nulového spínače.)
HOME_FINAL_VEL = 0.0 (rychlost použita pro přejezd od
                    nulového spínače k nulové pozici osy,
                    pokud nenastavena, nebo nastavena
                    na 0 je použita maximální rychlost.)
HOME_IGNORE_LIMITS = YES (Při hledání nulového spínače
                           není stroj zastaven na koncových
                           spínačích osy)
```

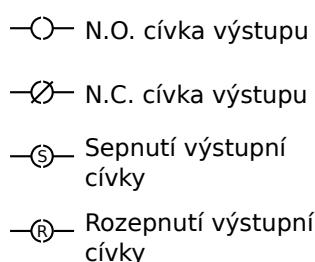
3.3.3 Nastavení integrovaného PLC

Integrované PLC (programmable logic controller) je simulovanou PLC jednotkou sloužící k ovládání nastavených digitálních výstupů stroje. Ke svému nastavení využívá programovací jazyk ladder diagram. K programování se používají podobné bloky jako při návrhu reléové logiky. Na Obr. 6 a Obr. 7 jsou vidět vstupní a výstupní bloky.



Obr. 6: Schématické značky vstupních kontaktů

N.O. (normally open) vstup se po stisknutí tlačítka spojí cestu a dovolí průběh napětí, N.C. (normally closed) vstup po stisknutí tlačítka rozpojí cestu.



Obr. 7: Schématické značky výstupních cívek

N.O. výstup se po přivedení napětí sepne cívka ve virtuální relé a výstup bude logická 1, N.C. výstup se po přivedení napětí rozezne cívka ve virtuálním relé a výstup bude logická 0.

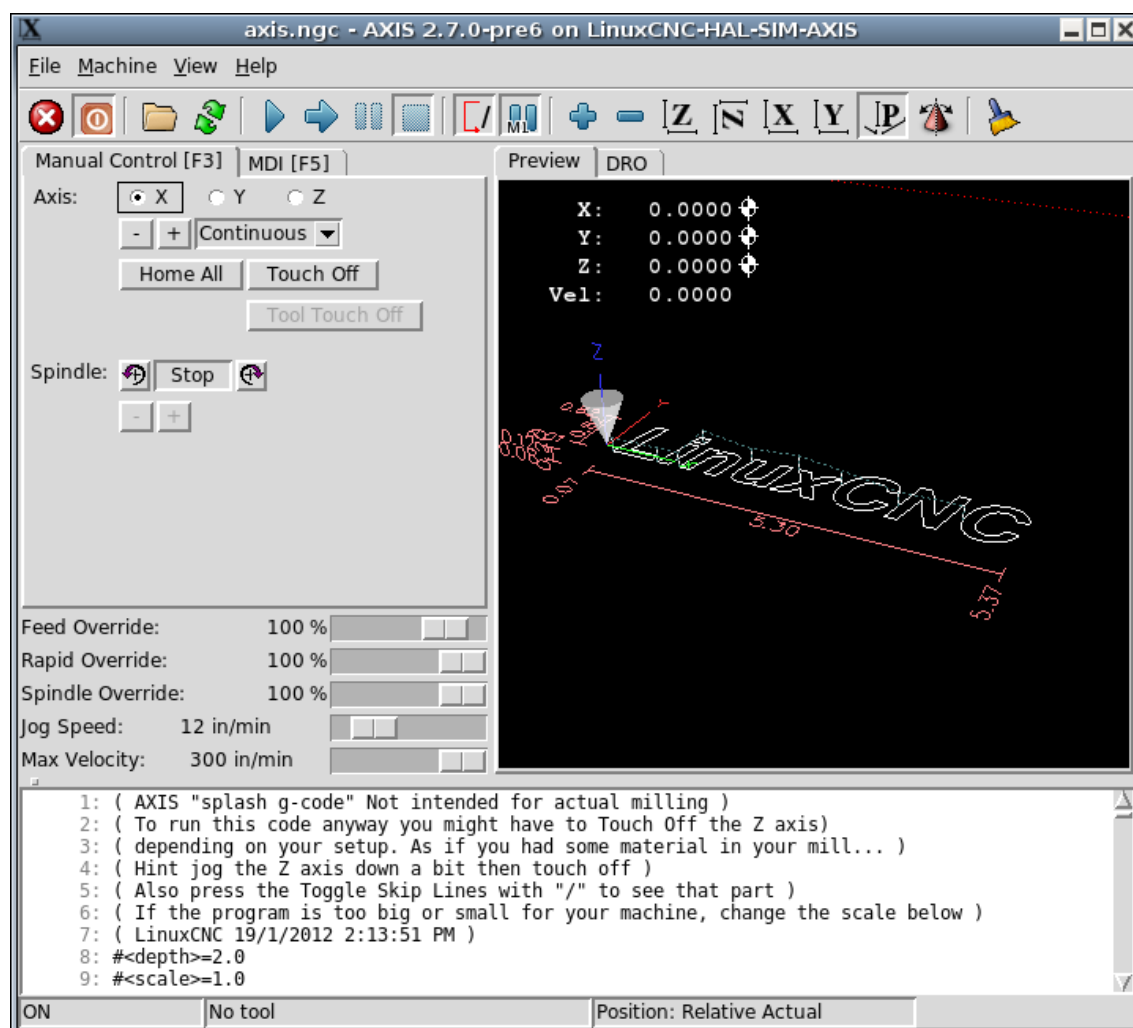
Na Obr. 8 je naprogramována výstup (Q0) reagující na tlačítka Start (B0), s pomocným kontaktem, pro zapnutí výstupu a tlačítkem Stop (B1) pro vypnutí.



Obr. 8: PLC program pro ovládání výstupu tlačítka Start a Stop

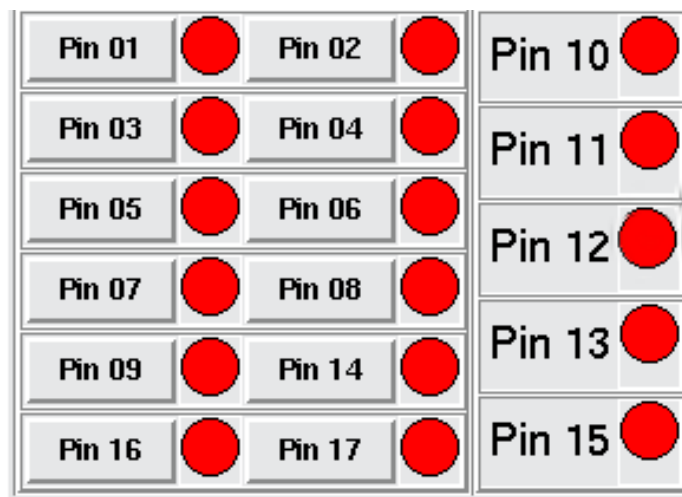
3.4 Grafické prostředí řídicího systému

Základní grafické prostředí „AXIS“, viz. Obr. 9, zobrazuje základní ovládací prvky ve formě tlačítek s grafickým popisem. Další možná grafická prostředí jsou v příloze B Další grafická prostředí LinuxCNC. Změna zobrazení se provádí v souboru Frézka1.ini v sekci [DISPLAY]

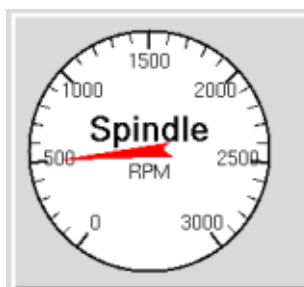


Obr. 9: Základní grafické prostředí AXIS

Základním prostředím lze rozšiřovat o další grafické možnosti za pomoci PyVCP (Python Virtual Control Panel). Může se například jednat o zobrazení stavu paralelního portu viz. Obr. 10, stav a rychlost včetně stroje viz. Obr. 11. Nastavení zobrazení tohoto postranního panelu se provádí v souboru custompanel.xml, dále je nutné panel propojit s řídicím systémem v souboru custom.hal



Obr. 10: Zobrazení stavu paralelního portu



Obr. 11: Zobrazení stavu vřetena

3.5 Výměna nástroje

Při základním nastavení probíhá výměna nástroje manuálně. Stroj po použití kódu M6 vyzve obsluhu k výměně nástroje, po potvrzení výměny řídicí systém pokračuje ve vykonávání řídicího souboru.

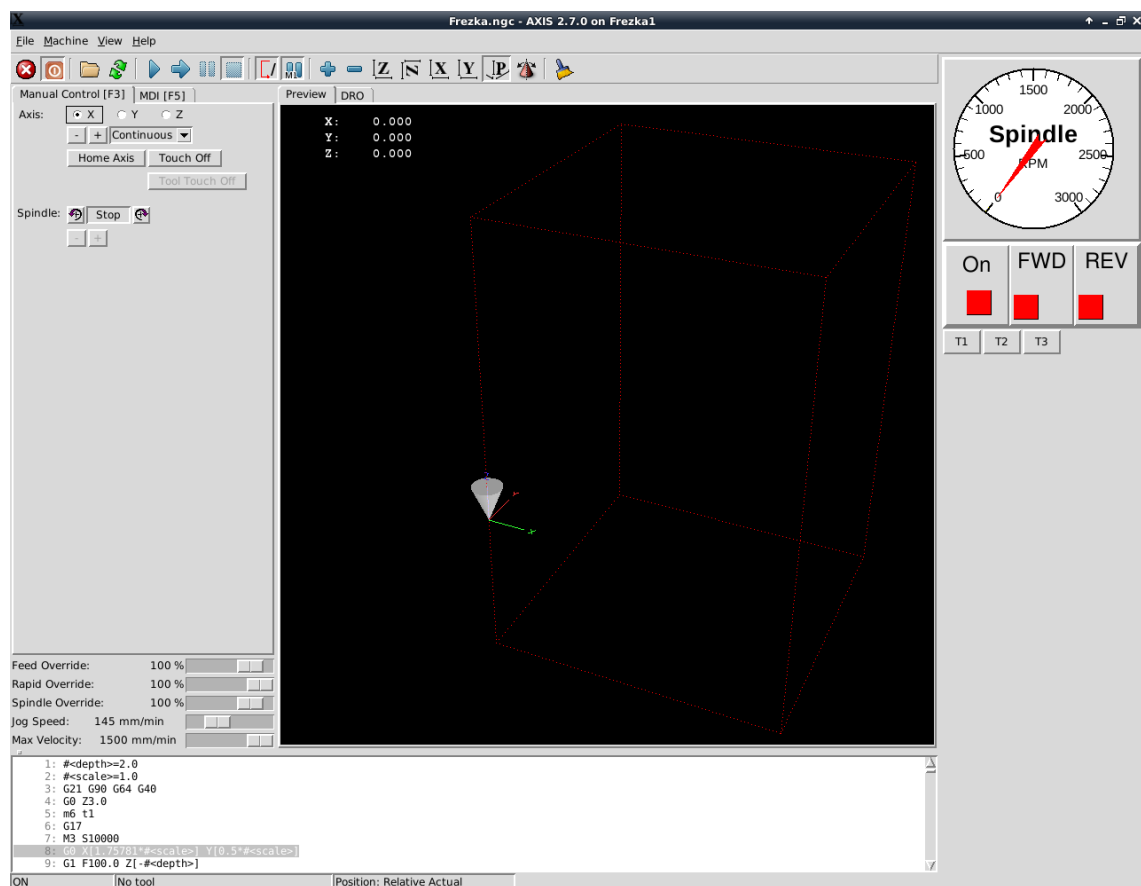
Pro naprogramování automatické výměny je nutné upravit standardní chování, přeprogramovat chování kódu M6. Ke změně kódu slouží nastavení: `REMAP=m6 modalgroup=6 argspec=T ngc=toolchange` v souboru `Frézka1.ini` v sekci `[RS274NGC]`. Toto nastavení změní kód M6 za vlastní podprogram `toolchange.ngc`. V tomto souboru musí být naprogramována kompletní změna nástroje (pohyb k jednotlivým držákům nástrojů, ovládání úchopu nástroje, vrácení předchozího nástroje).

Mnou požítý kód obsahuje:

- kontrola volání použitého nástroje - Při výměně nástroje za stejný nástroj nedojde k žádnému pohybu a pokračuje se ve vykonávání dalšího příkazu.
- Uložení pozice nástroje a nastavení vřetena - Při výměně nástroje na frézce je nutné zastavení vřetena, uložení slouží k obnovení rychlosti po dokončení výměny.
- Navrácení nynějšího nástroje - Pokud je ve vřetení stroje nějaký nástroj nejdříve se uloží na svoje místo v držáku.
- Vyzvednutí zavalaného nástroje
- přesun na původní pozici - Po dokončení výměny se stroj uvede do stavu před výměnou, když je volaný nulový nástroj, dojde k přesunu na nulovou pozici stroje.

Použité nastavení je použitelné pouze se statickým držákem nástrojů tj. Každý nástroj má vlastní souřadnice uložení v držáku.

Pro manuální ovládání byly přidány tlačítka pro změnu nástroje do grafického prostředí viz. Obr. 12. Tlačítka pouze volají upravený kód M6



Obr. 12: Upravené grafické prostředí

4 Závěr

Řídicí systém LinuxCNC je vhodný i pro nasazení ve firemním prostředí, především díky použití linuxového jádra a tím i zlepšením stability řízení. Při firemním použití bych doporučil použít servo motor s enkodérem polohy pro jednotlivé ovládané osy, tím se zlepší přesnost polohy při dlouhodobém používání.

Použitá literatura

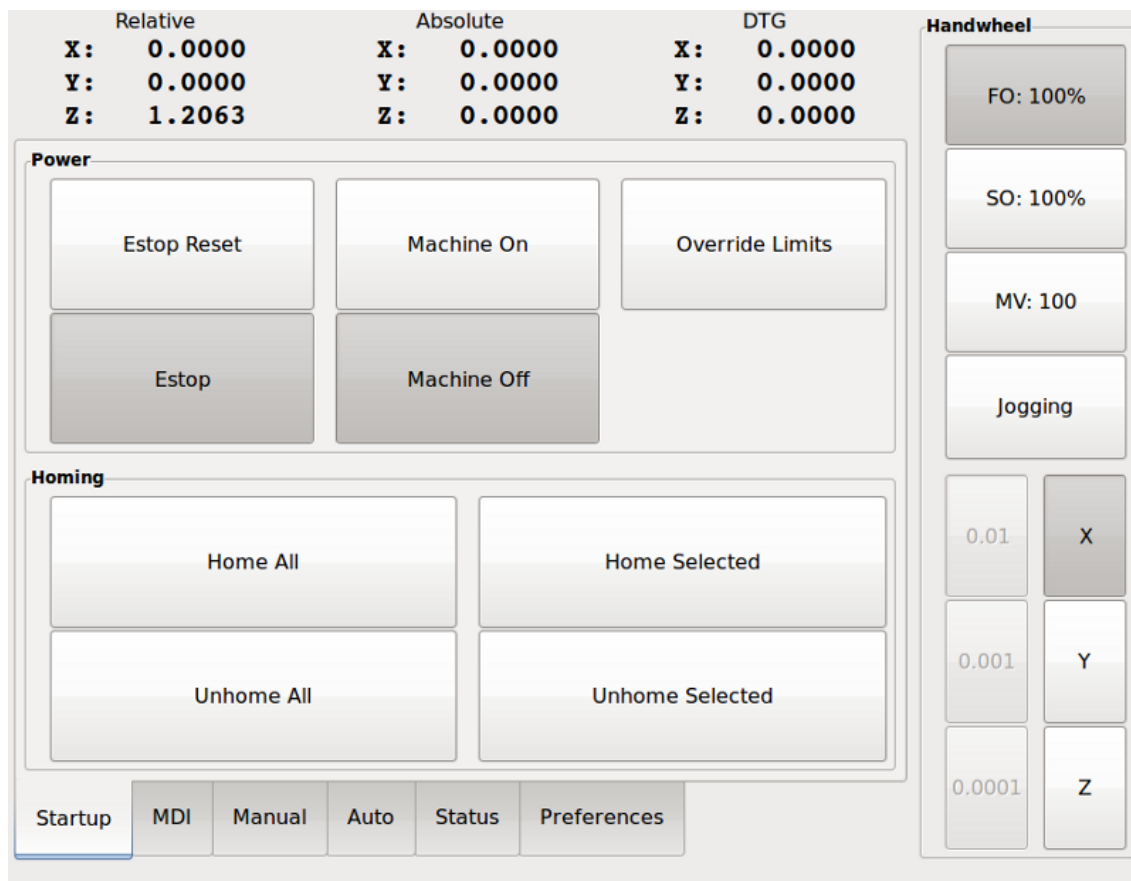
- [1] *LinuxCNC* [online]. [cit. 2016-01-12]. Dostupné z:
<http://linuxcnc.org/docs/2.7/html/>
- [2] *Product Manuals - Newfangled Solutions*[online].
[cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <http://www.machsupport.com/help-learning/product-manuals/>
- [3] *SINUMERIK & SINAMICS Equipment for Machine Tools: Catalog NC 61*[online]. 2010 [cit. 2016-03-16]. Dostupné z:
http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/katalogy/nc61/cat_nc-61_2010_en.pdf
- [4] *FANUC CNC Controls* [online]. 2015 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.fanuc.eu/cz/cs/cnc/%C5%99%C3%ADzen%C3%AD>
- [5] *The NIST RS274NGC Interpreter - Version 3*. NISTIR 6556, 2000.
- [6] PLÍVA, Z., J. DRÁBKOVÁ, J. KOPRNICKÝ a L. PETRŽÍLKA. Metodika zpracování bakalářských a diplomových prací. 2. upravené vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, FM, 2014. ISBN 978-80-7494-049-1. Dostupné z: doi:10.15240/tul/002/2014-11-002

A Obsah Přiloženého CD

- bakalarska_prace_2016_Radim_Adamek.pdf
- toolchange.rar (zdrojové kódy automatické výměny nástrojů)

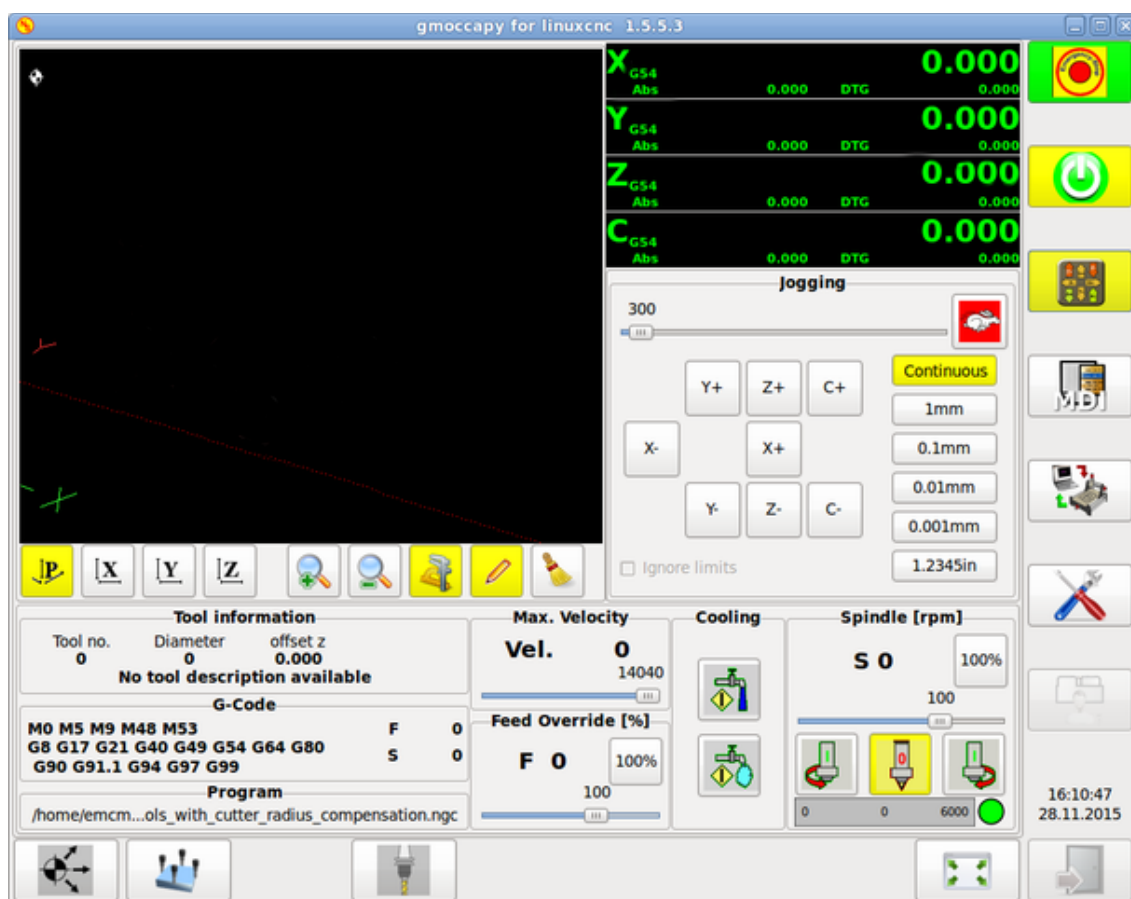
B Další grafická prostředí LinuxCNC

Dalším grafickým prostředím použitelný nejvíce na dotykových obrazovkách je prostředí „TOUCHY“ viz. Obr. 13.



Obr. 13: Grafické prostředí TOUCHY

Grafické prostředí „GMOCCAPY“ (Obr. 14) zobrazuje více prvků ovládaného stroje než základní prostředí „AXIS“. Využití najde u náročnějších procesů, kde je potřeba větší kontrola stroje.



Obr. 14: Grafické prostředí GMOCCAPY