

**Uživatelská příručka pro instalaci,
konfiguraci a používání**



Používání Mach3Mill

All queries, comments and suggestions welcomed via support@artofcnc.ca

Mach Developers Network (MachDN) is currently hosted at:

<http://www.machsupport.com>

© 2003/4/5/6 Art Fenerty and John Prentice

Front cover: A vertical mill circa 1914

Back cover (if present): The old, gear, way of co-ordinating motion on mill table and a rotary axis

This version is for Mach3Mill Release 1.84

Czech Version translated by PavelZ, November-December 2008

1. PŘEDMLUVA	12
2. SEZNÁMENÍ S CNC OBRÁBĚCÍMI SYSTÉMY	14
2.1. ČÁSTI OBRÁBĚCÍHO SYSTÉMU	14
2.2. JAK MACH3 ZAPADÁ DO CNC ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ	15
3. PŘEHLED SOFTWARE PRO CNC ŘÍZENÍ - MACH3	16
3.1. INSTALACE	16
3.1.1. Stažení	16
3.1.2. Instalace	16
3.1.3. Zásadní restart systému	17
3.1.4. Pohodlné ikony na pracovní ploše	17
3.1.5. Odzkoušení instalace	18
3.1.6. Test ovladače po havárii programu Mach3	19
3.1.7. Pokyny k ruční instalaci/odinstalaci ovladače	19
3.2. OBRAZOVKY	20
3.2.1. Typy objektů na obrazovce	21
3.2.2. Použití tlačítek a klávesových zkratk	21
3.2.3. Zadáávání hodnot do DRO	22
3.3. RUČNÍ POLOHOVÁNÍ	22
3.4. RUČNÍ VKLÁDÁNÍ DAT (MDI) A TEACHING	23
3.4.1. MDI	23
3.4.2. Teaching - "učení"	24
3.5. PRŮVODCI - CAM BEZ CAM SOFTWARE	25
3.6. SPUŠTĚNÍ PROGRAMU V G-KÓDU	27
3.7. OBRAZOVKA TRAJEKTORIE NÁSTROJE	28
3.7.1. Zobrazování pohybu nástroje	28
3.7.2. Posouvání a zvětšování pohledu	28
3.8. DALŠÍ VLASTNOSTI OBRAZOVEK	29
4. PROBLEMATIKA HARDWARU A PŘIPOJENÍ OBRÁBĚCÍHO STROJE	30
4.1. BEZPEČNOST PŘEDEVŠÍM	30
4.2. CO MŮŽE MACH3 ŘÍDIT	30
4.3. BEZPEČNOSTNÍ OKRUH - E-STOP	32
4.4. PARALELNÍ PORT	32
4.4.1. Paralelní port a jeho historie	32
4.4.2. Logické signály	33
4.4.3. Elektrické rušení a nákladné vyhoření	34
4.5. MOŽNOSTI POHONU OS	35
4.5.1. Krokové motory a servomotory	35
4.5.2. Výpočet pohonu os	36
4.5.3. Jak pracují signály Step a Dir	38
4.6. SNÍMAČE "LIMIT" A "HOME"	38
4.6.1. Strategie	38
4.6.2. Snímače	40
4.6.3. Kam umístit snímače	41
4.6.4. Jak Mach3 používá sdílené snímače	41

4.6.5.	Referencování stroje	42
4.6.6.	Další možnosti a rady týkající se referenčních a koncových snímačů	42
4.7.	OVLÁDÁNÍ VŘETENA	43
4.8.	CHLAZENÍ	45
4.9.	ŘÍZENÍ POLOHY NOŽE	45
4.10.	DIGITALIZAČNÍ SONDA	45
4.11.	LINEÁRNÍ ENKODERY (GLASS SCALE)	46
4.12.	PULZ INDEXOVÁNÍ VŘETENA	47
4.13.	"NABÍJECÍ PUMA" - PULZNÍ MONITOR	47
4.14.	DALŠÍ FUNKCE	47
5.	KONFIGURACE MACHU3 PRO VÁŠ STROJ A JEHO POHONY	49
5.1.	STRATEGIE KONFIGURACE	49
5.2.	PRVOTNÍ NASTAVENÍ	49
5.2.1.	Specifikace adres využívaných portů	49
5.2.2.	Specifikace frekvence	50
5.2.3.	Zvlášti vlastnosti	51
5.3.	DEFINOVÁNÍ POUŽÍVANÝCH VSTUPNÍCH A VÝSTUPNÍCH SIGNÁLŮ	51
5.3.1.	Výstupní signály pro řízení pohonu os a vřetena	51
5.3.2.	Vstupní signály	52
5.3.3.	Emulace vstupních signálů	53
5.3.4.	Výstupní signály	53
5.3.5.	Definování vstupu enkoderů	54
5.3.5.1.	Enkodery	55
5.3.5.2.	MPG (Manual Pulse Generator)	55
5.3.6.	Konfigurace vřetena	55
5.3.6.1.	Chlazení	55
5.3.6.2.	Reléové ovládání vřetena	56
5.3.6.3.	Ovládání motoru vřetena	56
5.3.6.4.	Řízení vřetena přes ModBus	57
5.3.6.5.	Obecné parametry	57
5.3.6.6.	Řemenové převody - PULLEYS	57
5.3.6.7.	Zvláštní funkce a nastavení	57
5.3.7.	Parametry frézování	58
5.3.8.	Testování	59
5.4.	NASTAVENÍ JEDNOTEK	60
5.5.	LADĚNÍ MOTORŮ	60
5.5.1.	Výpočet kroků na jednotku dráhy	61
5.5.1.1.	Výpočet mechanického pohonu	61
5.5.1.2.	Výpočet kroků motoru na otáčku	62
5.5.1.3.	Výpočet počtu kroků generovaných Machem3 na otáčku motoru	62
5.5.1.4.	Mach3 pulzy Step na jednotku	63
5.5.2.	Nastavení maximální rychlosti motoru	63
5.5.2.1.	Praktické zkoušky rychlosti motoru	64
5.5.2.2.	Výpočet maximální rychlosti motoru	64
5.5.2.3.	Automatické nastavení hodnoty Steps per Unit	65
5.5.3.	Rozhodování o velikosti zrychlení	66
5.5.3.1.	Setrvačnost a síly	66

5.5.3.2.	Testování různých hodnot zrychlení	66
5.5.3.3.	Proč se snažíme vyhnout velké polohové chybě servopohonu	66
5.5.3.4.	Výběr hodnoty zrychlení	66
5.5.4.	<i>Uložení nastavení a testování osy</i>	67
5.5.5.	<i>Opakování konfigurace pro ostatní osy</i>	68
5.5.6.	<i>Konfigurace motoru vřetena</i>	68
5.5.6.1.	Rychlost motoru, vřetena a převody	68
5.5.6.2.	Regulátor otáček PWM	70
5.5.6.3.	Řízení signály Step/Direction	70
5.5.6.4.	Testování pohonu vřetena	71
5.6.	DALŠÍ KONFIGURACE	71
5.6.1.	<i>Nastavení referencování (homing) a softwarových limitů</i>	71
5.6.1.1.	Rychlost a směr referencování	71
5.6.1.2.	Poloha referenčních snímačů	72
5.6.1.3.	Nastavení softwarových limitů	72
5.6.1.4.	G28 - referenční (home) poloha	72
5.6.2.	<i>Konfigurace systémových klávesových zkratk</i>	72
5.6.3.	<i>Konfigurace Backslash (vůlí)</i>	73
5.6.4.	<i>Konfigurace podřízených os</i>	73
5.6.5.	<i>Nastavení zobrazení trajektorie nástroje</i>	74
5.6.6.	<i>Konfigurace výchozího stavu</i>	75
5.6.7.	<i>Konfigurace dalších vlastností</i>	77
6.	OVLÁDÁNÍ MACHU3 A SPOUŠTĚNÍ PART-PROGRAMU	80
6.1.	ÚVODEM	80
6.2.	JAK JSOU VYSVĚTLENY OVLÁDACÍ PRVKY	80
6.2.1.	<i>Prvky přepínání obrazovek</i>	80
6.2.1.1.	Reset tlačítko	81
6.2.1.2.	Popisky	81
6.2.1.3.	Tlačítka výběru obrazovek	81
6.2.2.	<i>Rodina ovládání os</i>	81
6.2.2.1.	Hodnoty souřadnic DRO	81
6.2.2.2.	"Zreferováno"	82
6.2.2.3.	Souřadnice stroje	82
6.2.2.4.	Měřítka	82
6.2.2.5.	Softwarové limity	82
6.2.2.6.	Kontrola (Verify)	83
6.2.2.7.	Korekce průměru/poloměru	83
6.2.3.	<i>Ovládací prvky polohování</i>	83
6.2.4.	<i>Ovládací prvky MDI a Teach</i>	83
6.2.5.	<i>Ovládací prvky ručního polohování</i>	84
6.2.5.1.	Ruční polohování klávesami	84
6.2.5.2.	Polohování s použitím MPG	85
6.2.5.3.	Ovládání rychlosti vřetena	85
6.2.6.	<i>Prvky pro ovládání posuvů</i>	86
6.2.6.1.	Posuv v jednotkách za minutu	86
6.2.6.2.	Posuv v jednotkách na otáčku vřetena	86
6.2.6.3.	Displej posuvů	86
6.2.6.4.	Feed override	87

6.2.7.	<i>Ovládání běhu programu</i>	87
6.2.7.1.	Cycle Start - spuštění cyklu	87
6.2.7.2.	FeedHold	87
6.2.7.3.	Stop	87
6.2.7.4.	Rewind	88
6.2.7.5.	Single BLK	88
6.2.7.6.	Reverse Run - zpětný pohyb	88
6.2.7.7.	Line Number	88
6.2.7.8.	Run from here - spuštění z tohoto místa	88
6.2.7.9.	Set next line	88
6.2.7.10.	Block Delete	88
6.2.7.11.	Optional Stop	88
6.2.8.	<i>Ovládací prvky pro práci se soubory</i>	89
6.2.9.	<i>Detaily nástroje</i>	89
6.2.10.	<i>Ovládací prvky G-kódu a trajektorie nástroje (ToolPath)</i>	89
6.2.11.	<i>Ovládací prvky pro práci s pracovními offsety a tabulkou nástrojů</i>	90
6.2.11.1.	Pracovní offsety	91
6.2.11.2.	Nástroje	92
6.2.11.3.	Přímý přístup do tabulky offsetů	92
6.2.12.	<i>Průměr rotačního obrobku</i>	92
6.2.13.	<i>Nastavení "tangenciálního nože"</i>	93
6.2.14.	<i>Limity a další ovládání</i>	93
6.2.14.1.	Input Activation 4	93
6.2.14.2.	Override Limits	93
6.2.15.	<i>Ovládací prvky systémových nastavení</i>	93
6.2.15.1.	Jednotky	94
6.2.15.2.	Bezpečná výška - Safe Z	94
6.2.15.3.	CV Mode/Angular Limit	94
6.2.15.4.	Offline	94
6.2.16.	<i>Ovládání enkoderů</i>	94
6.2.17.	<i>Automatické řízení Z souřadnice</i>	95
6.2.18.	<i>Ovládání spouštěče laseru</i>	95
6.2.19.	<i>Uživatelské ovládací prvky</i>	95
6.3.	<i>POUŽITÍ PRŮVODCŮ - WIZARDŮ</i>	96
6.4.	<i>NAHRÁNÍ G-KÓDU PART-PROGRAMU</i>	97
6.5.	<i>EDITOVÁNÍ PART-PROGRAMU</i>	98
6.6.	<i>PŘÍPRAVA A SPUŠTĚNÍ PART-PROGRAMU</i>	98
6.6.1.	<i>Vložení ručně psaného programu</i>	98
6.6.2.	<i>Než spustíte part-program</i>	98
6.6.3.	<i>Spuštění programu</i>	99
6.7.	<i>GENEROVÁNÍ G-KÓDU IMPORTOVÁNÍM JINÝCH SOUBORŮ</i>	99
7.	KOORDINÁTY, TABULKA NÁSTROJŮV A PŘÍPRAVKOV. (PŘEKLAD JANČO)	100
7.1.	<i>SYSTÉM STROJNEJ KOORDINÁCIE</i>	100
7.2.	<i>POSUN NULOVÉHO BODU (000-BOD - WORK OFFSETS)</i>	101
7.2.1.	<i>Nastavenie nulového bodu na obrobok</i>	102
7.2.2.	<i>Nulový bod na skutočnom stroji</i>	103
7.3.	<i>AKO OVLÁDAŤ NÁSTROJE S RÔZNOU DĹŽKOU</i>	103
7.3.1.	<i>Zamerané nástroje</i>	104

7.3.2.	Nezamerateľné nástroje.....	104
7.4.	UCHOVANIE HODNÔT ODSUNUTIA.....	105
7.5.	PRÍPRAVKY NA VÝROBU ROVNAKÝCH OBROBKOV.....	105
7.6.	STANOVENIE „DOTYKU“	105
7.6.1.	Frézy.....	105
7.6.2.	Zameranie kontúry.....	106
7.7.	POSUNY G52 A G92.....	106
7.7.1.	Použitie G52	107
7.7.2.	Použitie G92	108
7.7.3.	Pozor na G52 a G92.....	108
7.8.	PRIEMER NÁSTROJA.....	109
8.	DXF, HPGL A OBRAZOVÝ IMPORT. (PŘEKLAD JANČO).....	110
8.1.	ÚVOD.....	110
8.2.	DXF IMPORT	110
8.2.1.	Import súboru	110
8.2.2.	Nastavenie pokynov	111
8.2.3.	Možnosti konvertovania.....	112
8.2.4.	Generovanie G-kódu.....	112
8.3.	IMPORT HPGL SÚBOROV	113
8.3.1.	Vlastnosti HPGL.....	113
8.3.2.	Výber importovaného súboru.....	113
8.3.3.	Parametre Importu.....	113
8.3.4.	Písanie G-kódu	114
8.4.	IMPORT BITOVÉHO OBRÁZKU (BMP A JPEG).....	114
8.4.1.	Výber importovaného súboru.....	114
8.4.2.	Výber typu rendrovania.....	114
8.4.3.	Výber rastra.....	115
8.4.4.	Bodovanie (diffúz).....	115
8.4.5.	Písanie G-kódu	116
9.	KOMPENZACE PRŮMĚRU NÁSTROJE.....	117
9.1.	ÚVOD DO KOMPENZACE NÁSTROJE	117
9.2.	DVA DRUHY KONTUR.....	118
9.2.1.	Kontura hrany materiálu.....	118
9.2.2.	Kontura trajektorie nástroje	119
9.2.3.	Programování najetí do záběru	119
10.	MACH3 – REFERENČNÍ PŘÍRUČKA G- A M-KÓDŮ	120
10.1.	NÁZVOSLOVÍ.....	120
10.1.1.	Lineární osy	120
10.1.2.	Rotační osy	120
10.1.3.	Měřítkové faktory	120
10.1.4.	Řízený bod	121
10.1.5.	Koordinovaný lineární pohyb	121
10.1.6.	Posuv (Feed rate).....	121
10.1.7.	Pohyb po kružnici.....	122

10.1.8.	Chlazení	122
10.1.9.	Prodleva.....	122
10.1.10.	Jednotky	122
10.1.11.	Aktuální poloha.....	122
10.1.12.	Pracovní rovina	123
10.1.13.	Tabulka nástrojů.....	123
10.1.14.	Výměna nástroje.....	123
10.1.15.	Režimy řízení trajektorie	123
10.2.	INTERPRETR (PŘEKLADAČ) VERSUS OVLÁDACÍ PRVKY	124
10.2.1.	Příznak povolení překročení nastavených rychlostí a posuvů.....	124
10.2.2.	Příznak výmazu bloku.....	124
10.2.3.	Podmíněné zastavení programu.....	124
10.3.	TABULKA NÁSTROJŮ	124
10.4.	JAZYK PART-PROGRAMU	124
10.4.1.	Přehled.....	124
10.4.2.	Parametry.....	125
10.4.3.	Souřadný systém	126
10.5.	FORMÁT ŘÁDKY	127
10.5.1.	Číslo řádku.....	127
10.5.2.	Návěští podprogramů.....	127
10.5.3.	Programové slovo	127
10.5.3.1.	Čísla	128
10.5.3.2.	Parametrické hodnoty (proměnné).....	128
10.5.3.3.	Výrazy a binární operace	128
10.5.3.4.	Unární operace.....	129
10.5.4.	Přiřazování hodnot parametrům.....	129
10.5.5.	Komentáře a zprávy.....	130
10.5.6.	Opakování prvků na řádce	130
10.5.7.	Pořadí prvků na řádce	130
10.5.8.	Příkazy a režimy stroje.....	131
10.6.	MODÁLNÍ SKUPINY	131
10.7.	G-KÓDY	132
10.7.1.	Přímočarý pohyb rychloposuvem - G0.....	134
10.7.2.	Přímočarý pohyb rychlostí posuvu - G1.....	134
10.7.3.	Pohyb po oblouku - G2 a G3.....	135
10.7.3.1.	Kruhový oblouk v rádiusovém formátu.....	135
10.7.3.2.	Kruhový oblouk ve středovém formátu	136
10.7.4.	Prodleva - G4.....	137
10.7.5.	Nastavení dat v tabulkách pracovních a nástrojových offsetů - G10.....	137
10.7.6.	CW/CCW kruhová kapsa - G12 a G13	138
10.7.7.	Režim polárních souřadnic - G15 a G16	138
10.7.8.	Volba roviny - G17, G18 a G19.....	139
10.7.9.	Délkové jednotky - G20 a G21.....	139
10.7.10.	Návrat do výchozí (home) polohy - G28 a G30.....	139
10.7.11.	Referencování os G28.1.....	139
10.7.12.	Přímá sonda – G31	139
10.7.12.1.	Příkaz pro použití přímé sondy	139

10.7.12.2.	Používání přímé sondy.....	140
10.7.12.3.	Ukázkový příklad	140
10.7.13.	Kompenzace poloměru nástroje - G40, G41 a G42	141
10.7.14.	Délkové offsety nástroje - G43, G44 a G49.....	142
10.7.15.	Měřtkové faktory G50 a G51	142
10.7.16.	Dočasné offsety souřadného systému - G52.....	143
10.7.17.	Pohyb v absolutních souřadnicích - G53	143
10.7.18.	Výběr pracovního souřadného systému - G54 až G59 & G59 P~.....	143
10.7.19.	Režim řízení trajektorie - G61 a G64	144
10.7.20.	Natočení souřadného systému - G68 a G69	144
10.7.21.	Délkové jednotky G70 a G71.....	144
10.7.22.	Pevný cyklus - vysokorychlostní vrtání s výplachem G73.....	144
10.7.23.	Zrušení modálního polohování - G80	145
10.7.24.	Pevné cykly - G81 až G89	145
10.7.24.1.	Počáteční najíždění a mezipolohování mezi operacemi	146
10.7.24.2.	Cyklus G81	147
10.7.24.3.	Cyklus G82	148
10.7.24.4.	Cyklus G83	148
10.7.24.5.	Cyklus G84	148
10.7.24.6.	Cyklus G85	149
10.7.24.7.	Cyklus G86	149
10.7.24.8.	Cyklus G87	149
10.7.24.9.	Cyklus G88	151
10.7.24.10.	Cyklus G89	151
10.7.25.	Nastavení režimu odměřování - G90 a G91	151
10.7.26.	Nastavení režimu IJ - G90.1 a G91.1	151
10.7.27.	Offsety G92 - G92, G92.1, G92.2 a G92.3	152
10.7.28.	Nastavení jednotek posuvu - G93, G94 a G95.....	153
10.7.29.	Nastavení úrovně návratu pevných cyklů - G98 a G99	153
10.8.	PODPOROVANÉ M-KÓDY	154
10.8.1.	Zastavení a ukončení programu - M0, M1, M2 a M30	154
10.8.2.	Ovládání vřetena - M3, M4 a M5	155
10.8.3.	Výměna nástroje - M6	155
10.8.4.	Ovládání chlazení - M7, M8 a M9.....	155
10.8.5.	Opětovné spuštění od první řádky - M47.....	156
10.8.6.	Přepínače Override - M48 a M49.....	156
10.8.7.	Volání podprogramů - M98.....	156
10.8.8.	Návrat z podprogramu - M99.....	156
10.9.	M-KÓDY MAKER.....	157
10.9.1.	Přehled o makrech	157
10.10.	DALŠÍ KÓDY	157
10.10.1.	Nastavení velikosti posuvu - F.....	157
10.10.2.	Nastavení otáček vřetena - S	157
10.10.3.	Volba nástroje - T.....	158
10.11.	VYHODNOCOVÁNÍ CHYB	158
10.12.	POŘADÍ VYKONÁVANÝCH PŘÍKAZŮ	159

11. PŘÍLOHA A – UKÁZKOVÉ PŘÍKLADY ZAPOJENÍ..... 160

11.1.	OKRUH ESTOP A KONCOVÝCH SPÍNAČŮ S POUŽITÍM RELÉ	160
12.	PŘÍLOHA B - POPIS NASTAVENÍ PARAMETRŮ PRO REŽIM CV	162

1. Předmluva



Všechny obráběcí stroje jsou potenciačně nebezpečné. Počítačem řízené stroje jsou však potenciálně více nebezpečné než ovládané ručně, protože např. počítač je bez váhání připraven otáčet osmipalcovým nevyváženým ocelovým odlitkem v čtyřčelistovém sklíčidle rychlostí 3000 ot. /min., „zabořit“ frézu hluboko do dubového špalku nebo frézovat upínky přidržující Váš obrobek na pracovním stole!

Tato příručka se Vám pokusí ukázat předběžná opatření a techniky týkající se bezpečnosti, nicméně vzhledem k tomu, že neznáme detaily konstrukce Vašeho stroje ani podmínky jeho provozu, nemůžeme přijmout zodpovědnost za provoz žádného stroje ani za škody nebo zranění vzniklé v průběhu jeho používání. Je to pouze na Vaší zodpovědnosti zajistit, že správně pochopíte důsledky toho, co jste navrhli a postavili, a rovněž aby vše odpovídalo legislativě platné ve Vaší zemi.

Pokud jste v jakémkoliv směru na pochybách, musíte raději vyhledat pomoc kvalifikovaného odborníka než riskovat zranění Vaše nebo jiných.

Záměrem tohoto manuálu je dát Vám co nejvíce podrobností o tom, jak se program Mach3Mill a Váš obráběcí stroj vzájemně ovlivňují, jak se konfiguruje různé typy pohonů jednotlivých os a rovněž podrobnosti o programovacím jazyku a jeho formátech. To vše Vám umožní realizovat výkonný CNC systém na stroji až s šesti řízenými osami. Typické stroje, které mohou být tímto systémem řízené, jsou frézy, horní frézky, plazmové pálicí stroje.

Ačkoliv Mach3Mill může řídit i dvě osy soustruhu, je lepší pro tyto účely využít oddělený program Mach3Turn včetně podpůrné dokumentace, které byly vyvinuty proto, aby jimi mohly být plnohodnotně řízeny právě soustruhy a jim podobná zařízení.

Volně přístupný dokument *Customising Mach3* detailně vysvětluje, jak lze pozměnit stávající obrazovky, jak navrhovat Vaše vlastní obrazovky a průvodce (wizardy) a kterak implementovat speciální zařízení.

Důrazně Vám doporučujeme navštívit jedno z online diskusních fór pro Mach3. Odkazy na tato fóra naleznete na www.machsupport.com. Musíte však být obezřetní. Přestože tato fóra navštěvuje velké množství uživatelů s rozsáhlými zkušenostmi, nemohou nahradit přímou podporu výrobců obráběcích strojů. Pokud Vaše aplikace vyžaduje tuto úroveň podpory, pak byste měli koupit systém od místního dodavatele popř. OEM z distribuční sítě. V tomto směru získáte výhody Machu3 s možností místní podpory.

Některé části textu v tomto manuálu jsou zobrazeny šedivě. Tyto části obecně popisují některé rysy, které lze nalézt v řídicím systému stroje, ale které nejsou dosud v programu Mach3 implementovány. Popis těchto „vyšedivělých“ rysů nelze brát jako závazek, že budou v programu někdy v budoucnosti implementovány.

Je třeba na tomto místě poděkovat mnoha lidem z původního týmu, který pracoval v Národním Institutu pro standardizaci a testování (NIST) na projektu EMC, a rovněž uživatelům Machu3, bez jejichž zkušeností, podkladů a konstruktivních komentářů by tento manuál nemohl vzniknout.

ArtSoft Corporation se věnuje průběžnému vylepšování všech svých produktů, takže jsou vítány všechny podněty na vylepšení, korekce i vyjasnění.

Art Fenerty a John Prentice uplatňují svá práva na autorství této práce. Právo kopírovat tento manuál je uděleno výhradně pro zkušební důvody a/nebo použití licencované či demonstrační kopie Machu3. Třetím osobám není dovoleno pořizovat kopie tohoto manuálu.

Byla vyvinuta veškerá snaha napsat tento manuál co nejvíce kompletní a přesný, přesto však je třeba informace v něm obsažené brát bez záruky – informace jsou předkládány na bázi „jak jsou“. Autoři a vydavatelé nemají zodpovědnost za žádnou osobu či jedinci ve vztahu ke ztrátám či škodám vzniklých na základě informací obsažených v tomto manuálu.

Použití manuálu podléhá licenčním podmínkám, s kterými musíte souhlasit během instalace programu Mach3.

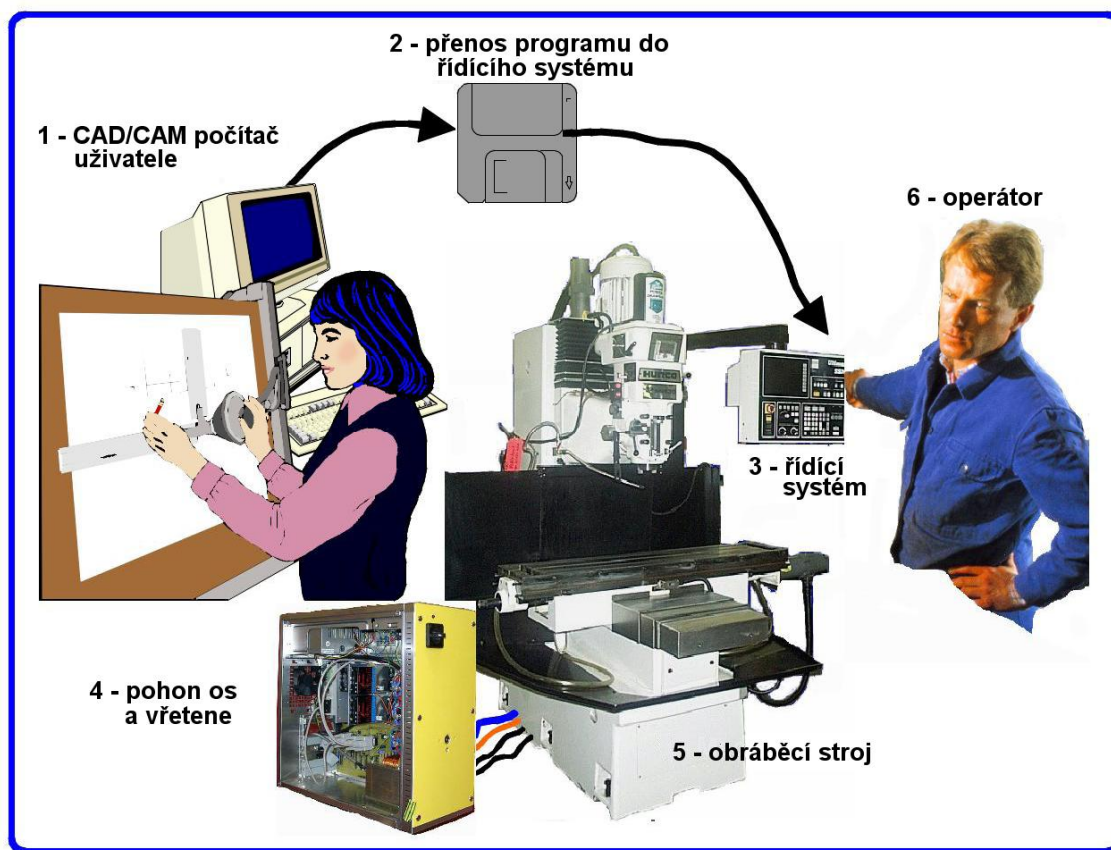
Windows XP a Windows 2000 jsou registrovanými obchodními značkami Microsoft Corporation. Pokud jsou v tomto manuálu použity jiné obchodní značky bez uvedení této skutečnosti, prosím informujte ArtSoft Corporation, aby to mohlo být uvedeno na pravou míru v další verzi manuálu.

2. Seznámení s CNC obráběcími systémy

2.1. Části obráběcího systému

Tato kapitola Vás seznámí s terminologií použitou v tomto manuálu a umožní Vám porozumět funkci jednotlivých komponent v numericky řízeném obráběcím stroji.

Hlavní části CNC řízené frézy jsou zobrazeny na obr. 1.1



Obrázek 1.1 – Typický NC obráběcí systém

Konstruktor obrobku obvykle používá Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM) program nebo programy na počítači (1). Výstup těchto programů, kterým je tzv. part-program nejčastěji v G-kódu, je přenesen do řídicího systému (3) obráběcího stroje po síti nebo na disketě (2). Řídicí systém má na starosti interpretaci part programu, ve kterém je popsáno řízení rezného nástroje, který opracuje obrobek. Jednotlivé pracovní osy stroje (5) se polohují pomocí pohybových šroubů, nosičů nebo řemenů, které jsou poháněny servomotory popř. krokovými motory. Signály z řídicího systému jsou zpracovány a zesíleny v pohonných jednotkách tzv. driverech, jejichž výstupy jsou dostatečně velké a vhodně časované, aby poháněly motory.

Ačkoliv byla jako ilustrační příklad použita fréza, obráběcím strojem může být i plasmový či laserový pálicí stroj. Oddělený manuál popisuje použití Machu3 pro řízení soustruhu či vertikální vrtačky apod.

Velmi často může řídicí systém ovládat spouštění motoru včetně (dokonce i řídit jeho rychlost), zapínat chlazení a rovněž kontrolovat part program popř. operátora, aby nedošlo při polohování k vyjetí mimo pracovní meze stroje.

Řízení stroje má také ovládací prvky jako tlačítka, klávesnici, knoflíky potenciometrů, ruční kolečko (MPG - manual pulse generator) popř. joystick, aby mohl operátor řídit stroj ručně, spouštět a zastavovat běh zpracování part programu. Součástí řízení je i displej, na kterém jsou zobrazeny potřebné informace o aktuálním stavu stroje.

Vzhledem k tomu, že některé příkazy G-kódu v part programu mohou vyžadovat poměrně složité koordinované pohyby jednotlivých os stroje, musí být řídicí systém schopen v reálném čase provádět mnoho výpočtů (např. obrábění šroubovice vyžaduje velké množství trigonometrických výpočtů). V minulosti tento požadavek činil tuto část řízení jako velmi drahou.

2.2. Jak Mach3 zapadá do CNC řídicích systémů

Mach3 je balík programů běžících na osobním počítači, které ho přeměňují na velmi výkonný a levný řídicí systém, který je schopen nahradit systém (3) z obrázku 1.1

K tomu, abyste mohli Mach3 spustit, potřebujete operační systém Windows XP (nebo Windows 2000) běžící ideálně na procesoru 1Ghz a rozlišení obrazovky je 1024x768. Klasickým stolním počítačem dosáhnete lepšího výkonu než použitím laptopu, a je to rovněž i levnější. Tento počítač můžete samozřejmě použít i pro další činnosti např. CAD/CAM software, pokud právě není využit pro řízení stroje.

Mach3 komunikuje principiálně přes jeden nebo dva paralelní (tiskové) porty (LPT) a rovněž, pokud je to požadováno, i přes port sériový (COM).

Drivery motorů všech os Vašeho stroje musí podporovat řízení signály STEP/DIR (pulzy kroků a směru). Fakticky všechny drivery krokových motorů pracují na tomto principu, stejně jako moderní DC a AC servosystémy s digitálními enkodéry. Pozor ale např. při konverzi starších NC strojů, jejichž servopohony mohou používat k snímání polohy tzv. resolvery. V tomto případě budete patrně muset osadit každou osu novým pohonem podporujícím daný způsob řízení.

3. Přehled softwaru pro CNC řízení - Mach3

Pokud stále ještě čtete tyto řádky, pak si evidentně myslíte, že by Mach3 mohl být přínosem pro Vaši dílnu. Nejlepší, co nyní můžete učinit, je stáhnout si zcela zdarma demonstrační verzi programu a vyzkoušet ji na Vašem počítači. Nepotřebujete k tomu mít připojen Váš obráběcí stroj a ve skutečnosti je v tuto chvíli lepší ho nemít připojen.

Pokud jste zakoupili kompletní systém od prodejce, potom patrně některé nebo všechny kroky následně popisované instalace již byly provedeny.

3.1. Instalace

Mach3 je distribuován společností ArtSoft Corp. přes internet. Postačuje, když si stáhnete instalační balík (stávající verze má velikost balíku cca. 8 MB). Nainstalovaná verze programu poběží neomezeně dlouho jako demonstrační s několika omezeními co se týče rychlosti, max. velikosti zpracovaného part programu a některými speciálními nástroji. Pokud zakoupíte licenci, dojde k odblokování všech omezení stávající demoverze. Kompletní podrobnosti o cenách lze nalézt na stránkách ArtSoftu www.artofcnc.ca.

3.1.1. Stažení

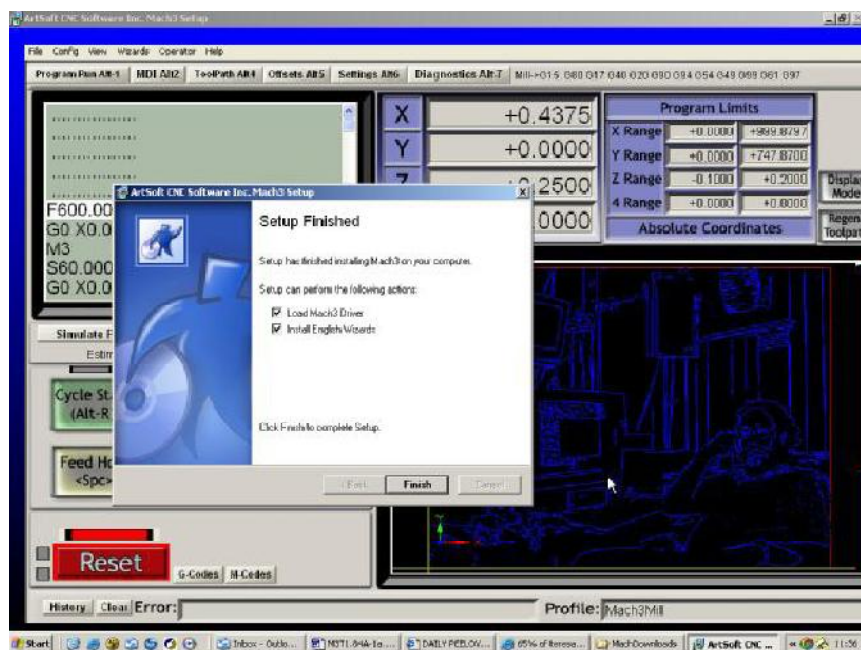
Stáhněte instalační balík z www.artofcnc.ca kliknutím na pravé tlačítko myši a volbou *Uložit cíl jako ...* Uložte ho do některého pracovního adresáře např. Windows(Temp). Musíte být přihlášen v systému Windows jako administrátor.

Jakmile je balík stažen, lze instalaci okamžitě spustit např. poklepáním na stažený soubor.

3.1.2. Instalace

Během instalace není nutné mít připojen Váš stroj. Pokud s Machem začínáte, je to dokonce mnohem lepší. Pokud máte stroj připojen, poznačte si, jak jsou připojeny jednotlivé kabely do vašeho PC, poté ho vypněte a odpojte 25-ti pinový konektor(y) řízení stroje. Nyní PC opět zapněte.

Pokud spustíte instalační balík, budete během instalace naváděni obvyklými instalačními kroky jako u jiných programů pro Windows jako potvrzení licenčních podmínek a výběr adresáře pro instalaci.



Obrázek 3.1 – Obrazovka instalátoru

V dialogu "Ukončení instalace" se ujistěte, že je zatržena volba "*Initialise Systém*", "*Load Mach3 Driver*" a "*Install English Wizards*" a klepněte na tlačítko "*Finish*". Budete požádáni a restartování systému (vypnutí a opětovné zapnutí) před prvním spuštěním programu Mach3.

3.1.3. Zásadní restart systému

Reboot systému po dokončení instalace je **zásadní**. Pokud ho neučiníte, dostanete se do velkých potíží, které lze vyřešit pouze ruční odinstalací ovladače v Ovládacích panelech systému Windows. **Proto prosím ihned po instalaci restartujte systém Windows!**

Pokud Vás zajímá, proč je restart důležitý, čtěte dále. V opačném případě přeskočte na další část.

Ačkoli se Mach3 jeví jako samostatný program, ve skutečnosti ho tvoří dvě části: ovladač instalovaný jako součást systému Windows (podobně jako tiskárna či ovladač síťové karty) a uživatelské rozhraní tzv. GUI.

Ovladač je tou nejdůležitější a nejdůmyslnější částí. Mach3 musí být schopen generovat signály v poměrně přesných časových intervalech, aby bylo možné realizovat kvalitní řízení pohonu os stroje. Bohužel, systém Windows spouští obvyklé uživatelské programy pouze v případě, pokud sám nemá nic lepšího na práci sám. Z tohoto důvodu nemůže být Mach3 obvyklý program na úrovni user-level. Musí být na té nejnižší úrovni v samotném systému, aby byl schopen zpracovávat přerušování. A navíc, aby to mohl dělat při požadovaných vysokých frekvencích (každá osa musí být obsloužena 45 tisíckrát za vteřinu), ovladač musí soustavně "vylad'ovat" svůj vlastní kód. Systém Windows mu to však ve své podstatě neumožní (je to trik podobný tomu, co používají některé počítačové viry), proto je nutné k tomuto získat od systému zvláštní povolení. A právě tento proces vyžaduje reboot systému. Pokud tak neučiníte, systém Windows pak patrně skončí v "modré smrti" a ovladač bude poškozen. Poté je jediná cesta, a to ruční odinstalování ovladače.

Po uvedení předchozích varování je fér říci, že restartování je potřeba pouze jednou ihned po první instalaci ovladače. Pokud aktualizujete novější verzi, restartování není zásadní, ačkoliv instalační průvodce Vás na nutnost restartu upozorní. Windows XP však rebootují relativně rychle, proto si myslíme, že je lepší restartovat pokaždé.

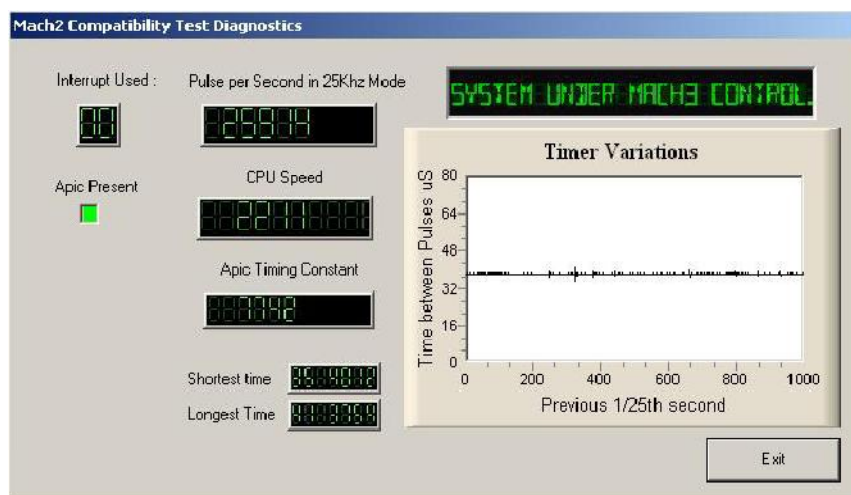
3.1.4. Pohodlné ikony na pracovní ploše

Po úspěšné instalaci a restartování zjistíte, že instalační proces vytvořil na Vaší pracovní ploše ikony hlavních programů. Soubor Mach3.exe tvoří v současné verzi uživatelský program (zmiňované GUI). Pokud ho spustíte, budete dotázáni na profil, pod kterým hodláte Mach3 provozovat. Ikony na ploše nazvané Mach3Mill, Mach3Turn atd. jsou zástupci, kteří přímo spustí program v požadovaném profilu (definovaný parametrem "/p" v argumentu zástupce). Patrně budete používat pro spuštění některý z uvedených zástupců.

Nyní by stálo za to vytvořit na ploše další zástupce ostatních programů celého systému Mach3. Důležitým z nich je program DriverTest.exe. Další jsou třeba programy pro návrhy obrazovek apod., které lze samostatně a zdarma stáhnout z internetu.

3.1.5. Odzkoušení instalace

Důrazně všem uživatelům doporučujeme provést po instalaci test systému. Jak již bylo výše zmíněno, Mach3 není jednoduchý program. Aby mohl správně vykonávat svoji úlohu, musí se co nejvíce osvobodit od restrikcí systému Windows, z čehož zároveň vyplývá, že nemusí vždy zcela správně fungovat na některých systémech díky mnoha



Obrázek 3.2 – Program DriverTest

faktorům. Např. tzv. QuickTime systémový monitor (qtask.exe) běžící na pozadí může činnost ovladače ukončit a ve Vašem systému existuje mnoho dalších programů, o kterých jste dosud neměli ponětí, které mohou ohrozit činnost systému Mach3. Systém Windows může a dělá to, že spouští na pozadí mnoho procesů, z nichž některé se např. objevují jako ikona v pravém dolním rohu, jiné jsou běžnému uživateli skryté. Další možnou příčinou nevyzpytatelných poruch při řízení stroje mohou být připojení k místní síti konfigurované na autodetekci použité přenosové rychlosti. Měli byste tato připojení ručně konfigurovat na 10 Mbps či 100 Mbps. Rovněž počítač může být během surfování po internetu napaden velkou spoustou programů, které "špehují" Váš systém a odesílají ke svým tvůrcům přes síť různé informace. Tato komunikace rovněž negativně ovlivňuje funkci Machu3 a ve své podstatě představuje něco, co si na svém PC nepřejete. Použijte ve vhodném vyhledávači na internetu např. "Spybot". Tyto nástroje Vám pomohou objevit a zbavit se případných nežádoucích programů zavlečených přes internet do Vašeho počítače.

Vzhledem k výše uvedeným faktorům, je důležité ne-li dokonce povinné, abyste otestovali Váš systém, pokud se Vám zdá, že je něco špatně nebo pokud chcete pouze zkontrolovat, že instalace proběhla dobře.

Poklepejte zástupce DriverTest, kterého jste vytvořili. Objeví se okno viz. obrázek 3.2.

Ignorujte všechny zobrazené informace kromě údaje "Pulse Frequency". Ten by měl být relativně stabilní okolo hodnoty 25.000 Hz, nicméně na Vašem počítači může být odlišný či dokonce divoce se měnit. To je proto, že Mach3 používá ke kalibraci vlastního časovače systémové hodiny Windows, které mohou být ovlivněny v krátkém časovém úseku zaváděním jiných procesů. V tomto případě používáte nespolehlivý časovač (jaký mají Windows) ke kontrole činnosti Machu3, a proto můžete mít mylný dojem, že časovač Machu3 je nestabilní.

V podstatě pokud uvidíte obrazovku podobnou té na obr. 3.2 s pouze malými špičkami na grafu Timer Variations a relativně stabilní Pulse Frequency, vše funguje dobře, takže **můžete zavřít DriverTest a přeskočit na další oddíl "Obrazovky"**.

"Experti" operačního systému Windows se mohou zajímat o několik další informací. Bílé okénko zobrazuje informace z časového analyzáru. Pokud běží, zobrazuje čáru s malými odchylkami. Tyto odchylky vyjadřují časové rozdíly mezi jednotlivými přerušeními. Tento analyzáru by neměl obsahovat odchylky delší než 1" (cca. 25 mm) na 17" monitoru. Dokonce i v případech větších odchylek je možné, že jejich velikost je stále pod hranicí limitní hodnoty nutné pro vytvoření impulzů, takže když je připojeno ovládání motorů, můžete provést test, zdali jsou pohyby při ručním (jogging) či G0/G1 polohování hladké bez trhání.

Během výše uvedeného testu se mohou vyskytnout dvě situace, které indikují problém.

- 1) Zobrazí se zpráva *"Driver not found or installed, contact Art."* - to znamená, že ovladač nebyl do systému Windows z nějakého důvodu zaveden. To se může stát na systému XP, u kterého došlo k poškození databáze ovladačů. Restartování systému by mělo tento problém odstranit. Pokud máte systém Win 2000, může obsahovat tzv. bug/"feature", který koliduje se zaváděním ovladače. V tomto případě musí být ovladač nahrán ručně viz. další část.
 - 2) Pokud se zobrazí *"Taking over .. 3 .. 2 .. 1"* a poté dojde k restartování systému, mohlo dojít ke dvěma věcem. Buď jste neprovedli nezbytný restart bezprostředně po instalaci (již o tom byla řeč) nebo je ovladač poškozený či ho nelze na Vašem systému použít. V tom případě postupujte dle návodu v další části - odstraňte ovladač ručně a přeinstalujte ho. Pokud se vše opakuje, informujte ArtSoft (link na www.artofcnc.ca) a bude Vám poskytnuta podpora.
- Některé z mála systémů mají základní desky, které sice mají zabudovaný časovač APIC, ale jejich BIOS jej nepodporuje. Tato skutečnost "poplete" instalaci a ovladač je nefunkční. Pak je třeba spustit dávkový soubor *SpecialDriver.bat* v instalačním adresáři Machu. Ten zajistí, že ovladač bude používat starší časovač i8529. Tento proces budete muset provést vždy, kdykoliv aktualizujete Mach3. Spuštěním souboru *OriginalDriver.bat* se vrátíte k původnímu ovladači, který využívá časovač APIC.

3.1.6. Test ovladače po havárii programu Mach3

Během používání Machu3 se můžete dostat do situace, kdy dojde k havárii programu - to může být způsobeno občasnými poruchami hardwaru nebo softwarovou chybou. Pak musíte spustit co nejdříve program *DriverTest*. Pokud se zpozdíte o více jak dvě minuty, pak ovladač Machu pravděpodobně způsobí chybu systému Windows (známá Modrá smrt). Spuštěním programu *DriverTest* dojde k resetování ovladače do stabilního stavu.

Může se stát, že program *DriverTest* hned napoprvé není schopen ovladač nalézt. Spusťte program znovu, mělo by dojít k nápravě.

3.1.7. Pokyny k ruční instalaci/odinstalaci ovladače

Tento odstavec využijete pouze v případě, pokud se Vám úspěšně nepodařilo spustit program *DriverTest*.

Ovladač (*Mach3.sys*) může být instalován či odinstalován ručně s použitím Ovládacích panelů systému Windows. Dialogové okno v systému Win XP je trochu odlišné od systému Win 2000, nicméně kroky jsou stejné.

- § otevřete *Ovládací panely* a poklepejte na ikonu *Systém*
- § vyberte kartu *Hardware* a klikněte na tlačítko/ikonu "*Přidání hardwaru*" (jak bylo zmíněno dříve, ovladač pracuje na nejnižší úrovni systému). Systém se pokusí nalézt nějaký nový hardware (ale nic nenalezne).
- § vyberte volbu, že hardware je již nainstalovaný a přejděte na další část dialogu
- § kde bude zobrazen seznam hardwaru. Sjedťte až dolů, vyberte "*Přidat nový hardware*" a přejděte na další obrazovku
- § nechcete, aby systém sám vyhledal ovladač, proto vyberte možnost manuálního vyhledání ovladače
- § v zobrazeném seznamu byste měli najít položku "*Mach1/2 pulsing engine*". Tu vyberte a přejděte na další obrazovku.
- § Klikněte na tlačítko „*Z diskety*“ a nastavte cestu ovladače na instalační adresář Machu. Měl by se zobrazit soubor *Mach3.inf*. Vyberte ho a potvrďte. Systém již dále sám provede instalaci. Tím je instalace ovladače hotova.

Ovladač může být podobně jednoduše odinstalován.

- § otevřete *Ovládací panely* a poklepejte na ikonu *System*
- § vyberte kartu *Hardware* a klikněte na tlačítko/ikonu "*Správce zařízení*"
- § zobrazí se seznam všech zařízení a ovladačů, kde naleznete položku *Mach1 Pulsing engine*. Klikněte na + k rozbalení a klikněte pravým tlačítkem myši na položku *Mach3 Driver*. Vyberte "*Odinstalovat*". Tím odinstalujete ovladač z adresáře Windows, ale kopie zůstane v adresáři Machu pro případnou následnou instalaci ovladače.

Poslední důležitou informací je, že i po odinstalování ovladače si Windows pamatují všechny informace týkající se konfigurace Machu. Tato informace se nesmaže ani odinstalováním ovladače, ani celého balíku programů a zůstane v PC navždy i po aktualizaci Machu. Avšak v případě, že potřebujete skutečně totálně smazat všechna nastavení, musíte ručně smazat .XLM soubory profilu.

3.2. Obrazovky

Nyní jste připraveni vyzkoušet "nanečisto" Mach3. Bude mnohem jednodušší ukázat Vám, jak nastavit obráběcí stroj, pokud budete experimentovat s programem Mach3 jak je níže uvedeno. Můžete pochopit základy obrábění a naučit se mnoho i v případě, že zatím nemáte žádný stroj. Pokud ho máte, potom se ujistěte, že je odpojený od počítače.

Mach3 je navržen tak, že je velmi jednoduché upravit si jeho obrazovky tak, aby vyhovovaly Vaší práci. To znamená, že obrazovky nemusí vypadat přesně tak, jak jsou například zobrazeny v příloze 1. Pokud jsou v systému provedeny podstatné změny, pak byste od svého dodavatele měli obdržet upravené obrazovky, aby odpovídaly systému.

Poklepejte ikonu Mach3Mill na ploše a spusťte tak program. Měla by se zobrazit obrazovka podobná té z přílohy 1, pouze s tím rozdílem, že většina DRO bude vynulována, nenahrán žádný part program atd.

Povšimněte si červeného tlačítka Reset. Bude mít blikající červeno-zelený okraj (simulující LED). Pokud na tlačítko kliknete, okraj by měl svítit trvale zeleně. Mach3 je připraven!

Pokud nelze Mach3 resetovat, problém je patrně v tom, že je něco připojené na Váš paralelní port (např. hardwarový klíč apod.) popř. již byl na počítač dříve Mach3 instalován a konfigurován na nestandardní přiřazení pinu nouzového zastavení tzv. Emergency Stop (EStop). Kliknutím na tlačítko *Offline* (softwarové odpojení programu od vstupů z LPT portu) byste měli již bez problému systém resetovat. **Většina demonstračních testů v této kapitole nebude fungovat, pokud Mach3 nebude resetován z režimu EStop.**

3.2.1. Typy objektů na obrazovce

Obrazovka "Program Run" je tvořena následujícími prvky:

- tlačítka např. Reset, Stop apod.
- DRO (digitální výstupy) - všechny číselné hodnoty jsou zobrazeny právě prvky DRO. Ty nejdůležitější jsou samozřejmě aktuální poloha os X, Y, Z, A, B a C.
- LED - kontrolky nejrůznějších velikostí, tvarů a barev
- okno zobrazení G-kódu s posuvníky
- okno náhledu trajektorie nástroje (v tento okamžik prázdné okno na obrazovce)

Dále je zde velmi důležitý ovládací prvek (není na obrazovce Program Run, ale MDI)

- řádka MDI (manual data input - ruční vkládání dat)

Tlačítka a MDI jsou prvky, kterými program ovládáte. DRO využívá jednak Mach3 pro zobrazení hodnot, ale rovněž mohou být použity uživatelem k zadávání dat (pokud zadáváte hodnotu, změní se barva pozadí DRO).

Okno G-kódu a náhled trajektorie zobrazují pouze informace, nicméně s nimi můžete manipulovat (listovat v G-kódu, zvětšovat a otáčet trajektorii nástroje).



Obrázek 3.3 – Tlačítka výběru obrazovek

3.2.2. Použití tlačítek a klávesových zkratk

Na všech standardních obrazovkách je většině tlačítek rovněž přiřazena klávesová zkratka tzv. hotkey. Ta je zobrazena buď přímo v tlačítku nebo poblíž něho. Stisknutí určité klávesové zkratky odpovídá kliknutí na odpovídající tlačítko myši. Můžete vyzkoušet např. zapínání/vypínání vřetene či chlazení buď myši nebo klávesovou zkratkou. Povšimněte si, že často jsou klávesové zkratky v kombinaci s klávesami Ctrl nebo Alt. Ačkoliv jsou písmena zkratk zobrazena velkými písmeny (pro lepší čitelnost), nepoužívejte klávesu Shift.

V dílně je vhodné minimalizovat dobu, kdy používáte k ovládání myš. Výhodnější je používat např. speciální klávesnice (např. Ultimarc IPAC), která se zapojí sériově s klávesnicí, a simuluje stisky tlačítek.

Pokud se tlačítko právě nenalézá na zobrazené obrazovce, pak je klávesová zkratka nefunkční!

Určité klávesové zkratky jsou však globální na všech obrazovkách. V kapitole 5 je podrobně vysvětleno, jak lze tyto zkratky nastavit.

3.2.3. Zadávání hodnot do DRO

Pokud chcete zadat nějakou hodnotu do DRO, stačí na něj kliknout myší, stisknout klávesovou zkratku (pokud je definována) nebo použít globální klávesovou zkratku pro výběr DRO a pomocí šipek vybrat tu požadovanou.

Zkuste např. zadat velikost posuvu 45.6 na obrazovce Program Run. Po zadání hodnoty **musíte** stisknout klávesu *ENTER*, aby byla hodnota přijata, popř. klávesu *ESC*, čímž zrušíte zadávání a vrátíte se zpět k hodnotě předešlé. Klávesy *Backspace* a *Delete* při zadávání nejsou podporovány.

Varování: Není vždy rozumné zadávat své vlastní hodnoty do DRO. Kupříkladu aktuální rychlost vřetena je počítána Machem, takže Vámi zadaná hodnota je stejně přepsána. Rovněž zapsáním vlastní hodnoty do souřadnice libovolné osy je možné, ale rozhodně to **není** cesta, jak polohovat stroj. To má jiné využití, které je podrobně popsáno v kapitole 7.

3.3. Ruční polohování

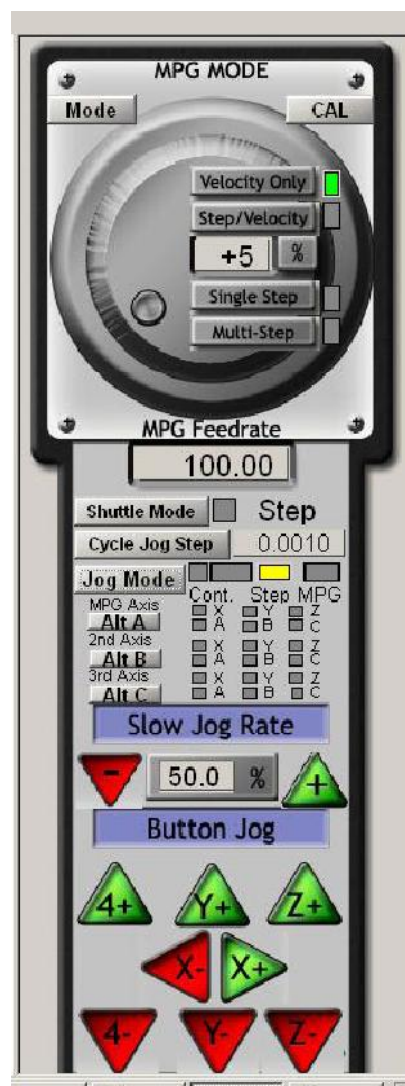
Ručně polohovat jednotlivými osami relativně kamkoliv lze několika způsoby. Samozřejmě, na některých strojích se pohybuje ve všech osách nástroj (fréza) a na jiných se pohybuje stůl/obrobek. Záleží na koncepci stroje. V dalším budeme pro jednoduchost používat výraz "pohyb nástroje".

Ovládací prvky pro ruční polohování jsou na speciální "plovoucí" obrazovce, kterou lze zobrazit nebo skrýt klávesou *Tab*. Obrazovka je zobrazena na obrázku 3.4.

Pro polohování můžete použít klávesnici. Kurzorové šipky jsou implicitně nastaveny pro ovládání os X a Y a klávesy PgUp a PgDn pro polohování osy Z. Samozřejmě lze toto nastavení změnit tak, aby Vám co nejvíce vyhovovalo (viz. kapitola 5). Takto polohovat lze na všech obrazovkách, kde je umístěno tlačítko *Jog ON/OFF* (Ctrl+Alt+J).

Na obrázku 3.4 vidíte, že svítí žlutá LED Step. Tlačítko *Jog Mode* přepíná mezi třemi režimy polohování - Continuous (průběžný), Step (krokový) a MPG (manual pulse generator, dostupný pouze je-li konfigurovaný).

V režimu Continuous se vybraná osa pohybuje tak dlouho, dokud držíte stisknutou klávesu. Rychlost polohování je dána hodnotou v DRO "Slow Jog Rate", kde lze zadat hodnotu od 0,1% do 100% dle potřeby. Tlačítka ve tvaru šipek na stranách lze měnit rychlost s krokem 5%. Pokud během polohování stisknete klávesu *Shift*, zvýší se rychlost na 100%



Obrázek 3.4 – Obrazovka ručního polohování

bez ohledu na nastavenou hodnotu *Slow Jog Rate*. To umožňuje rychlý přesun do blízkosti místa, kde chcete provést přesné ustavení.

V režimu Step se pohne nástroj v dané ose přesně o vzdálenost, která je nastavena v *Step DRO*. Tuto hodnotu můžete nastavit na libovolnou. Je zde také možnost cyklicky vybírat ze seznamu předdefinovaných hodnot, a to opakovaným klikáním na tlačítko *Cycle Jog Step*. Rychlost přesunu je dána aktuálním nastavením rychlosti polohování (*Feedrate*).

Mach3 umožňuje připojit přes paralelní port rotační digitální enkodéry a používat je jako MPG (manual pulse generator - ruční generátor pulzů neboli elektronické ruční ovládací kolečko). Pokud je nastaven režim MPG, pak otáčením knoflíku enkoderu ovládáte zároveň pohyb jednotlivých os. Tlačítka *Alt A*, *Alt B* a *Alt C* přepínáte mezi osami pro každý ze tří připojených MPG a LED indikátory ukazují, která osa je aktuálně vybrána pro polohování.

Další možnost, jak ručně polohovat, je použití joysticku připojeného na port PC Game nebo USB. Mach3 pracuje se všemi typy analogových joysticků kompatibilních s Windows (tedy můžete ovládat např. osu X volantem z Ferrari, pokud máte tento typ joysticku). Potřebujete k tomu pouze příslušný ovladač pod Windows. Polohování joystickem se z bezpečnostních důvodů aktivuje stisknutím tlačítka na joysticku, přičemž musí být ovládací páka ve střední poloze.

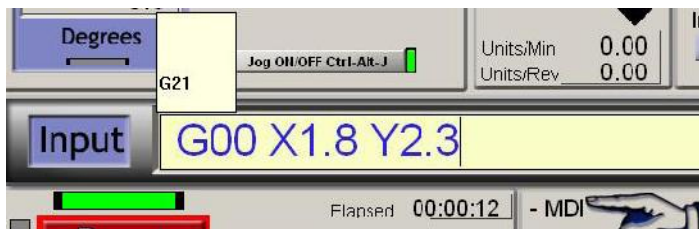
Pokud máte na Vašem joysticku ovládání plynu (kolečko nebo posuvník), můžete ho rovněž konfigurovat a zadávat tak rychlost ručního polohování popř. upravovat velikost tzv. *Feed Rate Override* (přepis hodnoty posuvu), více viz. kapitola 5. Jak je vidno, tak joystick skýtá velmi levný a přitom flexibilní způsob ručního polohování. Navíc, můžete používat i více joysticků, stačí nainstalovat speciální software dodávaný výrobcem nebo ještě lépe využít utilitu Machu KeyGrabber.

V tomto okamžiku je na Vás, abyste odzkoušeli všechny způsoby ručního polohování. Nezapomeňte, že existují klávesové zkratky místo klikání na tlačítka myši a není od věci se je snažit co nejvíce využívat. Brzy zjistíte, že je to pohodlnější způsob ovládání.

3.4. Ruční vkládání dat (MDI) a teaching

3.4.1. MDI

Myší nebo klávesovou zkratkou přepněte na obrazovku MDI, na které je jednořádkové okno pro vstup (Input). Pokud na ni kliknete myší nebo prostě stisknete klávesu *Enter*, automaticky se aktivuje.



Obrázek 3.5 – Zadávání dat do MDI polohování

Do řádky můžete zadávat jakékoliv platné příkazy, které se používají v part programu např. G či M kódy. Jakmile stisknete klávesu *Enter*, jsou zadané příkazy okamžitě provedeny. Klávesou *ESC* zrušíte naspané příkazy a klávesu *Backspace* použijte pro opravu případných chyb a překlepů.

Pokud znáte nějaké příkazy G-kódu, můžete je hned vyzkoušet. Pokud ne, zkuste třeba

```
G00 X1.6 Y2.3
```

Tento příkaz přesune nástroj do pozice X=1.6 a Y=2.3, a to v zadaných jednotkách viz. kapitola 5-4. *Pozn.: příkaz je napsán G a nula, ne G a písmeno O.* Ihned po potvrzení klávesou *Enter* uvidíte na ukazatelích aktuální polohy (DRO), jak dojde k přesunu.

Pokud použijete kurzorové klávesy nahoru/dolů (pouze je-li aktivní zadávací řádek, jinak tímto ovládáte ruční polohování osy Y), můžete procházet sekvencemi všech dříve zadaných příkazů. To umožňuje jednoduše opakovat příkazy bez nutnosti je znovu psát. Pokud aktivujete zadávací řádek (myší nebo *Enterem*), zároveň se nad řádkem vstupu objeví plovoucí okno se seznamem dříve zadaných příkazů, takže máte dokonalý přehled o všech zadaných příkazech.

Do řádku MDI můžete také napsat několik příkazů najednou. Všechny příkazy pak budou provedeny v pořadí, jak je definováno v kapitole 10, tedy nutně ne zleva doprava. Např. nastavení rychlosti posuvu třeba F2.5 bude zpracováno dříve než jakýkoliv příkaz pro přesun, i když bude F2.5 uvedeno uprostřed nebo i na konci řádku. Pokud si nejste jistí ohledně pořadí zpracování jednotlivých příkazů, zadávejte je postupně jeden za druhým.

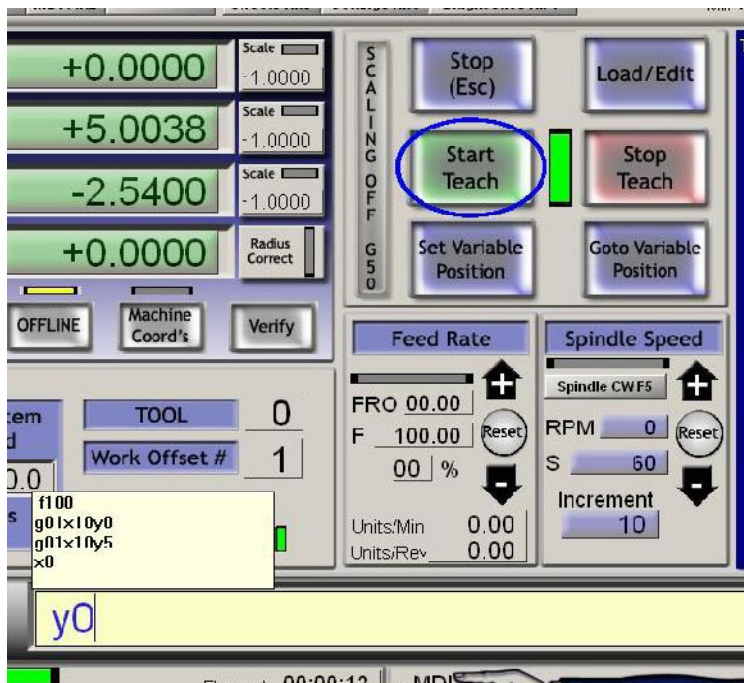
3.4.2. Teaching - "učení"

Program Mach3 si může zapamatovat sekvence zadaných příkazů z MDI řádku a uložit je do souboru. Ten může být posléze nahrán jako klasický part program a spouštěn znovu a znovu.

Na obrazovce MDI stiskněte tlačítko *Start Teach*. Rozsvítí se kontrolka hned vedle tlačítka, signalizující aktivní režim Teach. Poté stačí zadávat libovolný počet příkazů v MDI řádce a potvrzovat je klávesou *Enter*. Příkazy se zároveň ukládají do souboru s názvem Teach. Jakmile dokončíte svoji sekvenci příkazů, tlačítkem *Stop Teach* režim ukončíte.

Zkuste tímto způsobem napsat vlastní program:

```
g21
f100
g1 x10 y0
g1 x10 y5
x0
y0
(všechny 0 jsou zde nuly).
```



Obrázek 3.6 – V průběhu „učení“

Dále klepněte na tlačítko *Load/Edit* a zobrazte obrazovku Program Run. Uvidíte, že Vámi zadaný program bude zobrazen v okně G-kódu (obrázek 3.7). Program můžete spustit tlačítkem *Cycle Start*. Pokud používáte editor, můžete provést úpravu či opravu chyb a uložit program do souboru dle Vaší volby.

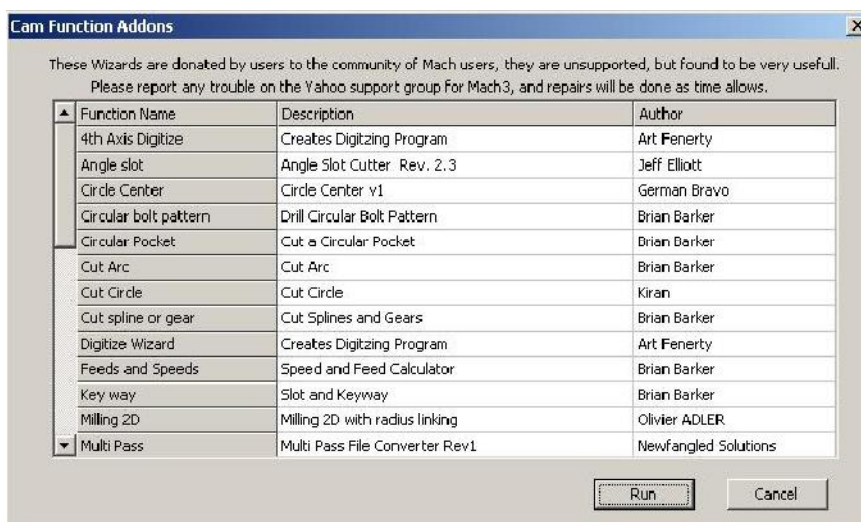


Obrázek 3.7 – „Naučený“ part program „běží“ ...

3.5. Průvodci - CAM bez CAM softwaru

Program Mach3 nabízí rovněž operátorovi přídatné obrazovky, které umožňují automatizovat komplexní úlohy tak, že uživatel vyplní požadované údaje. V tomto smyslu jsou nejvíce podobné průvodcům, které naleznete v mnoha programech pro Windows (např. import souborů do databáze či tabulky apod.). V Machu3 usnadní tyto průvodce např. frézování kruhových kapes, vrtání pravoúhlé soustavy děr, digitalizaci povrchu části modelu.

Nejjednodušší je některý z průvodců vyzkoušet. Na obrazovce Program Run klikněte na tlačítko *Load Wizards*. Objeví se tabulka všech průvodců nainstalovaných ve Vašem systému (viz. obrázek 3.8). Pro názornost klikněte na řádku Circular Pocket (kruhovká kapsa). Tento průvodce je součástí standardní instalace. Průvodce spustí tlačítkem *Run*.



Obrázek 3.8 – Seznam průvodců

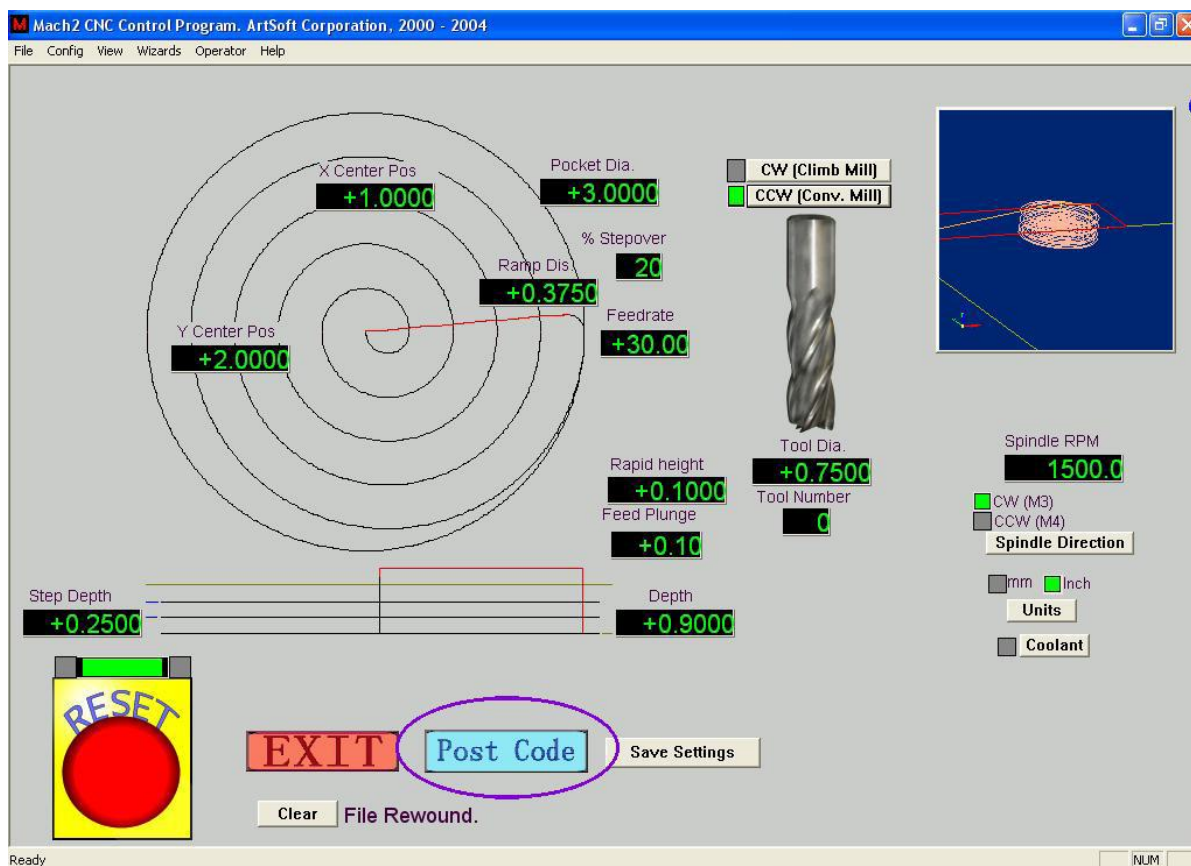
Aktuální obrazovka Machu bude nahrazena obrazovkou průvodce viz. obrázek 3.9, která bude obsahovat některé výchozí hodnoty. Můžete si vybrat jednotky, ve kterých budete pracovat, střed kruhové kapsy, jak nástroj začne obrábět materiál atd. Ne všechny parametry mohou být pro Váš stroj relevantní - rychlost otáčení vřetena můžete např. nastavovat ručně. V tomto případě můžete takové parametry ignorovat.

Jakmile zadáte všechny potřebné parametry a jste s výsledkem spokojeni, klikněte na tlačítko *Post Code*. Tím se vygeneruje kompletní G-kód part program a nahraje se do Machu3. Průvodce v podstatě automatizuje činnost, kterou byste museli ručně vytvořit např. v *Teach* režimu. V okně náhledu trajektorie nástroje si můžete prohlédnout výsledný tvar cesty nástroje. Můžete kdykoliv upravit zadané parametry, třeba snížit velikost třísky, a znovu vygenerovat program.



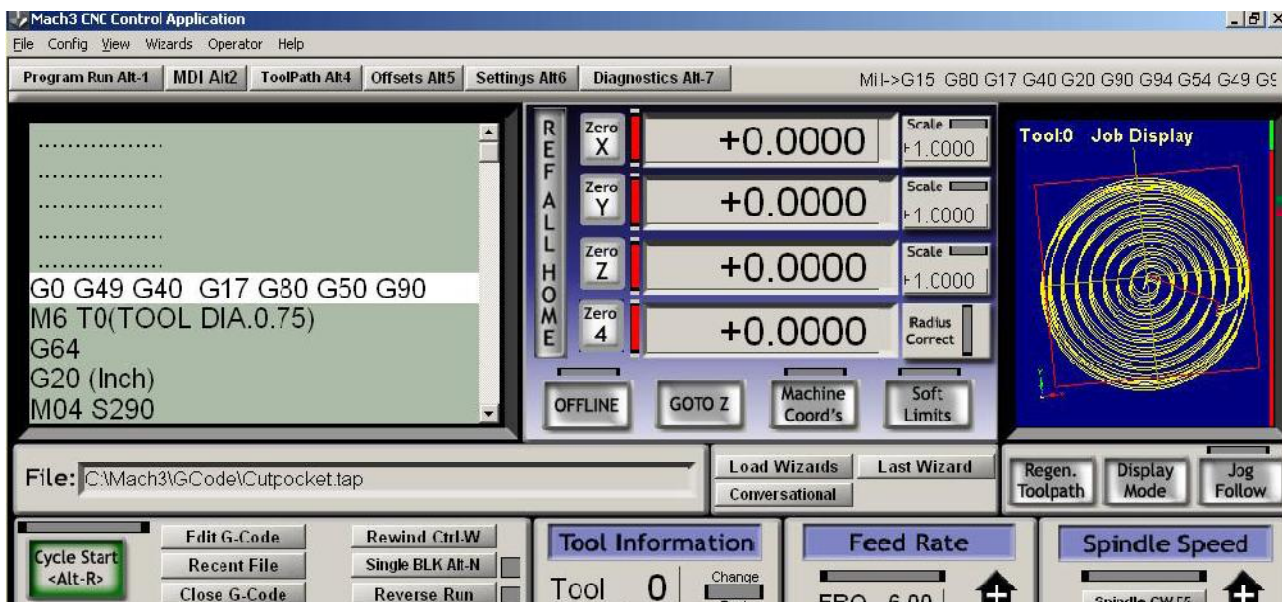
Obrázek 3.9 – Kruhává kapsa

Pokud si to přejete, můžete tlačítkem *Save* uložit parametry zadané v průvodci a při dalším spuštění průvodce jsou tyto parametry předvyplněny.



Obrázek 3.10 – Kruhává kapsa se zadanými parametry a odeslaným kódem

Po stisknutí tlačítka *Exit* se vrátíte zpět k obrazovkám Machu3 a můžete spustit part program vytvořený v průvodci. Proces vytvoření programů pomocí průvodců je mnohdy mnohem rychlejší než čtení tohoto popisu.



Obrázek 3.11 – Výsledná kruhová kapsa – připraveno ke spuštění

3.6. Spuštění programu v G-kódu

Nyní nastal čas na vložení a úpravě part programu. Za normálních okolností můžete editovat program bez opuštění programu Mach3, avšak v této chvíli zatím není program konfigurován a neví, který editor použít. Proto je teď nejjednodušší napsat program mimo Mach3.

Použijte program Notepad (součást Windows) a vložte do něj následující řádky a uložte je do příhodného adresáře (třeba Dokumenty) jako *Spiral.tap* - musíte v dialogovém okně *Uložit jako* vybrat typ "Všechny soubory", jinak bude automaticky přidána přípona txt a Mach3 pak soubor nenajde.

```
g20 f100
g00 x1 y0 z0
g03 x1 y0 z-0.2 i-1 j0
g03 x1 y0 z-0.4 i-1 j0
g03 x1 y0 z-0.6 i-1 j0
g03 x1 y0 z-0.8 i-1 j0
g03 x1 y0 z-1.0 i-1 j0
g03 x1 y0 z-1.2 i-1 j0
```

m00

(opět všechny 0 jsou nuly)

Nezapomeňte stisknout Enter za posledním příkazem m00! V Machu3 použijte příkaz z menu File>Load G-code, čímž vytvořený program nahrajete. Objeví se v okně G-kódu.

Na obrazovce Program Run nyní můžete vyzkoušet, co dělají tlačítka/klávesové zkratky *Start Cycle*, *Pause*, *Stop a Rewind*.

Jakmile spustíte program, všimněte si, že zvýraznění řádku v okně G-kódu se pohybuje zvláštním způsobem. Mach3 totiž čte příkazy programu dopředu a plánuje řízení pohybů tak, aby nedošlo ke zpomalení pohybu nástroje více než je nutné. Toto "předvídání" je právě zobrazeno zvýrazňováním řádků. V okamžiku, kdy přerušíte provádění programu tlačítkem *Pause*, můžete procházet programem posuvníkem a nastavit tak zvýraznění na jakýkoliv řádek. Poté můžete stisknout tlačítko *Run from here* (spustit odsud).

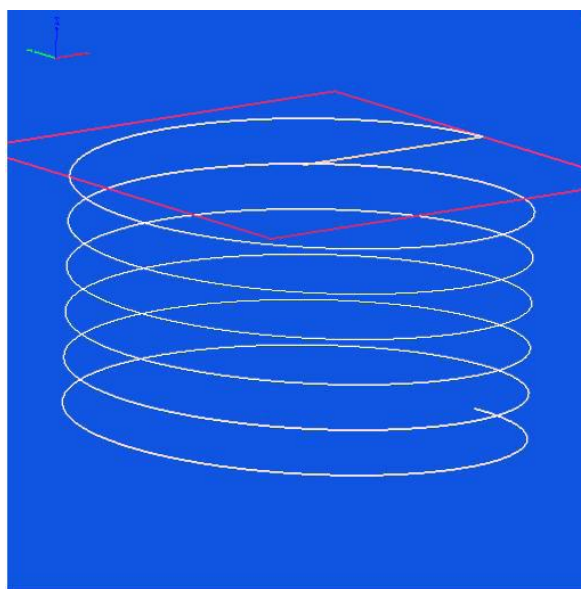
Poznámka: Vždy můžete nahrát a spustit program z harddisku, ale ne z diskety nebo USB Flesh. Mach3 vyžaduje vysokorychlostní přístup k souboru, který následně namapuje do paměti. Program nesmí být pouze ke čtení (readonly).

3.7. Obrazovka trajektorie nástroje

3.7.1. Zobrazování pohybu nástroje

Obrazovka Program Run obsahuje v okamžiku spuštění Machu prázdné obdelníkové okno. Jakmile však nahrajete třeba vytvořený program *Spiral.tap*, v okně se vykreslí kruh uvnitř čtverce. Právě se díváte na půdorys naprogramované trajektorie nástroje tedy v Machu3Mill se díváte kolmo na rovinu X-Y.

Zobrazuje se v podstatě drátový model pohybu nástroje umístěný uvnitř průhledné koule. Tažením myši v okně náhledu můžete touto neviditelnou koulí otáčet, takže si trajektorii obrábění můžete prohlédnout z různých úhlů. V levém spodním rohu je symbolicky znázorněna orientace všech tří os. Takže když táhnete myš zprostředka okna směrem nahoru, zobrazuje se i Z souřadnice a zjistíte, že nahraný program není kruhem, ale spirálový řez směrem dolů. Každý z řádků s příkazem G3 vytvoří kružnici, zatímco současně klesá s nástrojem o 0.2 ve směru osy Z. Také si povšimněte, že úvodní příkaz G00 generuje přímou čáru.



Obrázek 3.12 – Trajektorie nástroje v *Spiral.tap*

Pokud chcete, můžete natočit pohled jako izometrický.

Pár minut hraní si a brzy pro Vás bude natáčení pohledu důvěrnou záležitostí. Obrazovka může obsahovat i jiné barvy, než je zobrazeno na obrázku 3.12. Barvy zobrazení trajektorie nástroje totiž lze nastavit, ale o tom více v kapitole 5.

3.7.2. Posouvání a zvětšování pohledu

Zvětšování/zmenšování pohledu se provádí tažením myši za současného držení klávesy *Shift* nebo s použitím kolečka na myši.

K posouvání pohledu použijte tažení myši pravým tlačítkem.

Poklepání myší na okno (dvojklik) obnoví původní zobrazení tzn. kolmý pohled na rovinu X-Y bez zvětšení.

Poznámka: V okamžiku, kdy je spuštěn program, nelze pohled jakkoliv měnit!

3.8. Další vlastnosti obrazovek

Na závěr Vám doporučujeme prozkoumat všechny dostupné obrazovky a některé z obrazovek průvodců.

Jistě pak narazíte na následující užitečné prvky:

- tlačítko pro výpočet odhadované délky provádění aktuálního programu
- prvky pro modifikaci rychlosti posuvu definované v programu
- DRO, ve kterých jsou zobrazeny limitní meze všech os při provádění aktuálního programu
- obrazovka, kde můžete nastavit, kam polohovat osu Z, aby při pohybech v X a Y nedošlo ke kolizi s upínkami obrobku apod.
- obrazovka, kde můžete monitorovat aktuální logické úrovně všech vstupů a výstupů programu Mach3

4. Problematika hardwaru a připojení obráběcího stroje

Tato kapitola popisuje aspekty připojení hardwaru. V kapitole 5 bude podrobně popsáno, jak konfigurovat Mach3, aby všechna připojená zařízení správně fungovala.

Pokud jste stroj koupili, pak je vše správně připojeno a zapojeno a pravděpodobně není třeba číst tuto kapitolu. Váš dodavatel by Vám měl poskytnout detailní dokumentaci, jak zapojit všechny části celého systému.

V této kapitole se dočtete, jaké typy zařízení je schopen Mach3 ovládat a jak správně připojit standardní komponenty jako drivery krokových motorů či mikrosplínače. Předpokládáme, že se vyznáte v jednoduchých schématech elektrického zapojení. Pokud ne, měli byste požádat o pomoc někoho zkušenějšího.

Pokud čtete tento návod poprvé, patrně se nebudete chtít obtěžovat čtením kapitol 4.6 a výše.

4.1. Bezpečnost především



Každý stroj je potenciálně nebezpečný. Tato příručka se Vám pokusí ukázat předběžná opatření a techniky týkající se bezpečnosti, nicméně vzhledem k tomu, že neznáme detaily konstrukce Vašeho stroje ani podmínky jeho provozu, nemůžeme přijmout zodpovědnost za provoz žádného stroje ani za škody nebo zranění vzniklé v průběhu jeho používání. Je to pouze na Vaší zodpovědnosti zajistit, že správně pochopíte důsledky toho, co jste navrhli a postavili, a rovněž aby vše odpovídalo legislativě platné ve Vaší zemi.

Pokud jste v jakémkoliv směru na pochybách, musíte raději vyhledat pomoc kvalifikovaného odborníka než riskovat zranění Vaše nebo jiných.

4.2. Co může Mach3 řídit

Mach3 je velmi flexibilní program určený pro řízení strojů jako frézy (a ačkoliv to tento návod nepopisuje, i soustruhy). Charakteristiky těchto strojů řízených Machem3 jsou:

- ovládací prvky - tlačítkem nouzového zastavení (EStop) **musí** být vybaven každý stroj
- dvě nebo tři osy, které jsou navzájem pravoúhlé (označované jako osy X, Y a Z)
- obráběcí nástroj, který se pohybuje relativně k obrobku. Počátek všech os je vždy pevně vztažen k obrobku. Relativní pohyby nástroje mohou být:
 - i. pohyb nástroje tzn. např. těleso frézovacího vřetena s nástrojem se pohybuje v ose Z popř. u soustruhu nástroj upnutý v křížovém suportu a jeho pohyb v osách X a Z
 - ii. pohyb stolu s obrobkem např. u některých fréz se stůl hýbe v osách X, Y i Z

dále může být stroj volitelně vybaven

- snímači referenčních poloh jednotlivých os (tzv. Home pozice nebo i parkovací poloha)

- snímači koncových poloh jednotlivých os
- řízená vřetena - vřeteno může pohánět buď nástroj (fréza) nebo obrobek (soustruh)
- až tři dodatečné osy, které mohou být konfigurovány buď jako rotační (jejich pohyb je měřen ve stupních) nebo lineární (přímočaré). Jedna z přídavných lineárních os může být podřízena libovolné hlavní ose X, Y nebo Z. Tyto dvě se pak vždy pohybují spolu dle zpracovávaného part programu či při ručním polohování, nicméně obě jsou ovládány odděleně. Více informací viz. kapitola *Konfigurace vlečených os*
- snímače ochranných prvků (snímání uzavřených krytů, optické závory apod.)
- ovládání rozvodu chlazení (kapalinové a/nebo mlžící)
- sonda ve speciálním držáku pro digitalizaci povrchu existujících dílů
- enkodery např. lineární pro snímání polohy jednotlivých os stroje
- další zvláštní funkce, zařízení a vybavení

Většina elektrických zapojení mezi Vaším strojem a počítačem, na němž běží Mach3, je realizována prostřednictvím paralelního (tiskového) portu(ů). Pro jednoduchý stroj postačí port jeden, pro složitější budete potřebovat porty dva.

K připojení zvláštních zařízení jako LCD display, zařízení pro výměnu nástrojů, osové upínky či dopravník třísek lze použít zařízení ModBus (např. PLC nebo Homann Designs ModIO řídicí systém).

Externí ovládací tlačítka mohou být připojena přes "emulátor klávesnice", který generuje pseudokódy stisknutých kláves na základě binárních signálů z tlačítek.

Mach3 může řídit všech šest os a zároveň koordinovat jejich současný pohyb lineární interpolací nebo u dvou os současně může provádět kruhovou interpolaci, zatímco u ostatních čtyř provádí synchronně interpolaci lineární vázanou na kruhový pohyb. To znamená, že pokud je to třeba, nástroj se může pohybovat po šroubovici. Rychlost posuvu během těchto svázaných pohybů je udržována na hodnotě dané parametrem ve Vašem part programu, ačkoli je podmíněna maximálním zrychlením a rychlostem os. Ruční polohování jednotlivých os je možné mnoha způsoby.

Pokud je mechanismus Vašeho stroje podobný např. robotické paži, pak Mach3 není schopen jej řídit kvůli složitým kinematickým výpočtům, které jsou zapotřebí. Poloha nástroje v prostoru, tedy souřadnice X, Y a Z, je totiž závislá na délce a natočení jednotlivých ramen.

Mach3 může ovládat zapínání vřetena v jednom i druhém směru otáčení, může také řídit jeho otáčky (rpm - rotations per minute = ot./min) a rovněž sledovat jeho uhlovou polohu pro operace jako je řezání závitů.

Mach3 může ovládat dva okruhy chlazení.

Mach3 monitoruje signál z bezpečnostního okruhu EStop, a může také sledovat referenční a limitní snímače os či signál z el. zapojení ochranných prvků jako snímače zavřených ochranných krytů či optické závory.

V Machu3 lze do databáze zadat parametry až 256 různých nástrojů. Pokud je však Váš stroj vybaven automatickou výměnou nástrojů, budete ji muset řídit sami.

4.3. Bezpečnostní okruh - EStop

Každý stroj musí být vybaven jedním nebo více tlačítky bezpečnostního okruhu - tlačítka nouzového zastavení, obvykle mají tlačítka tvar velké červené houby. Musí být na stroji umístěny tak, abyste k nim měli volný přístup odkudkoliv, kde se můžete nalézat během provozu stroje.

Každé z tlačítek EStop by mělo zastavit všechny pohyby na stroji tak rychle, jak to bezpečnost vyžaduje - vřeteno by se mělo přestat otáčet a všechny osy hýbat. Tento bezpečnostní okruh by měl být navržen tak, aby byl **nezávislý** na řídicím systému, tedy mluvíme o elektrických obvodech s relátky a kontakty. Okruh by měl Mach3 poskytnout binární informaci o svém stavu - Mach3 má pro tento signál vyhrazen zvláštní (a povinný) vstup. Obecně nepostačuje pro nouzové vypnutí pouze vypnout AC napájení stroje, protože energie ve vyhlazovacích kondenzátorech DC zdroje umožní motorům pokračovat v chodu ještě krátkou dobu po vypnutí.

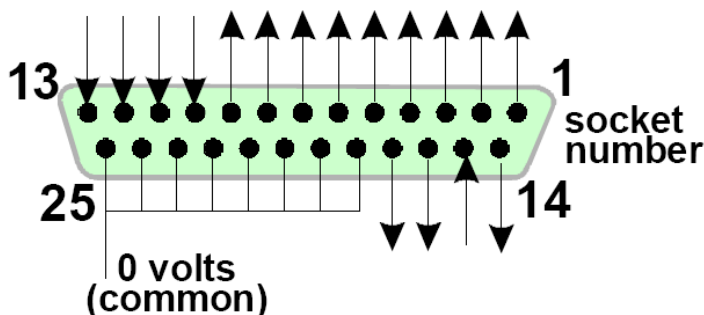
Stroj by neměl být schopen chodu, dokud se nestiskne resetovací tlačítko. Klasická tlačítka EStop se stisknutím zajistí, takže je nutné je před resetováním otočením odjistit.

Obecně není možné po EStopu pokračovat v obrábění, ale pořád je lepší, že Vy i Váš stroj jste v pořádku.

4.4. Paralelní port

4.4.1. Paralelní port a jeho historie

Když IBM navrhlo původní PC (160k disková mechanika, 64kBRAM), vybavili ho interfacem pro připojení tiskárny 25-ti žilovým kabelem. To se stalo základem paralelního portu, jaký má většina počítačů dnes. Vzhledem k tomu, že to je velmi jednoduchý způsob přenosu dat, byl paralelní port používán k mnoha jiným věcem než pouze k připojení tiskárny. Přes port lze přenášet soubory



Obrázek 4.1 – Konektor paralelního portu – pohled zevnitř PC

mezi počítači, připojovat k němu hardwarové klíče, periferie jako scannery či jednotky Zip a rovněž se používá k řízení strojů. USB port převzal většinu z výše zmíněných funkcí, což s výhodou uvolnilo paralelní port pro Mach3.

LPT port počítače je 25-ti pinový konektor typu D. Na obrázku 4.1 je zásuvka zobrazena z pohledu zevnitř počítače. Šipky naznačují směr toku informací jednotlivých pinů vztaheně k PC, takže např. pin 15 přenáší vstupní signál do počítače.

Poznámka: Převodníky USB na LPT nelze pro řízení stroje použít, ačkoliv jsou perfektně vhodné pro podobná zařízení jako třeba tiskárny.

4.4.2. Logické signály

Pokud tento manuál čtete prvně, bude patrně lepší přeskočit tento článek a vrátit se k němu, až se budete zaplétat do problematiky obvodů elektrických rozhraní. Bude pravděpodobně lepší si tyto řádky přečíst společně s dokumentací Vašich driverů.

Všechny vstupní i výstupní signály, které Mach3 zpracovává, jsou binárně digitální tzn. nuly a jedničky. Tyto signály jsou fyzicky realizovány jako napěťové. Napětí je vztaženo k nulové napěťové úrovni počítače (0 voltů), která je přivedena na piny 18 až 25 konektoru.

První úspěšná rodina integrovaných obvodů (série 74xxx) používala logiku TTL. V obvodech TTL je každé napětí v rozsahu 0 až 0,8 Voltů nazýváno úrovní "lo" (low ... nízká úroveň) a jakékoliv napětí v rozsahu 2,5 až 5 Voltů úrovní "hi" (high ... vysoká úroveň). Připojením záporného napětí nebo napětí vyššího než 5 Voltů zpravidla končí vyhořením elektroniky. Paralelní port byl původně navržen s použitím TTL a do dnes výše zmíněné napěťové úrovně definují jeho "lo" a "hi" signály. Všimněte si, že v nejhorším případě je mezi oběma stavy rozdíl pouze 1,6 Voltu.

Je to samozřejmě zcela libovolné, jestli napěťové úrovni "lo" přiřadíme logickou nulu nebo jedničku. Avšak jak vysvětlíme níže, "lo" = logická jedna se ve většině obvodů rozhraní výhodnější.

Pokud jde o výstupní signály, ať děláte, co děláte, vždy bude obvodem protékat nějaký proud. V případě úrovně "hi" proud teče z počítače, v případě úrovně "lo" teče do počítače. Čím více proudu teče do počítače, tím obtížnější je udržet napětí blízko nuly, takže napěťová úroveň "lo" bude blíže k povolené úrovni 0,8 Voltu. Podobně proud "hi" tekoucí z počítače zapříčiní, že napětí bude nižší a bližší k hranici 2,4 Voltu. Tedy čím větší proud, tím se snižuje rozdíl mezi úrovněmi "lo" a "hi". Pokud rozdíl překročí hranici 1,6 Voltu, začne být celý obvod velmi nespolehlivý. A konečně, měli bychom Vás upozornit, že můžete operovat s 20x většími proudy na úrovni "lo" než lze pro úroveň "hi".

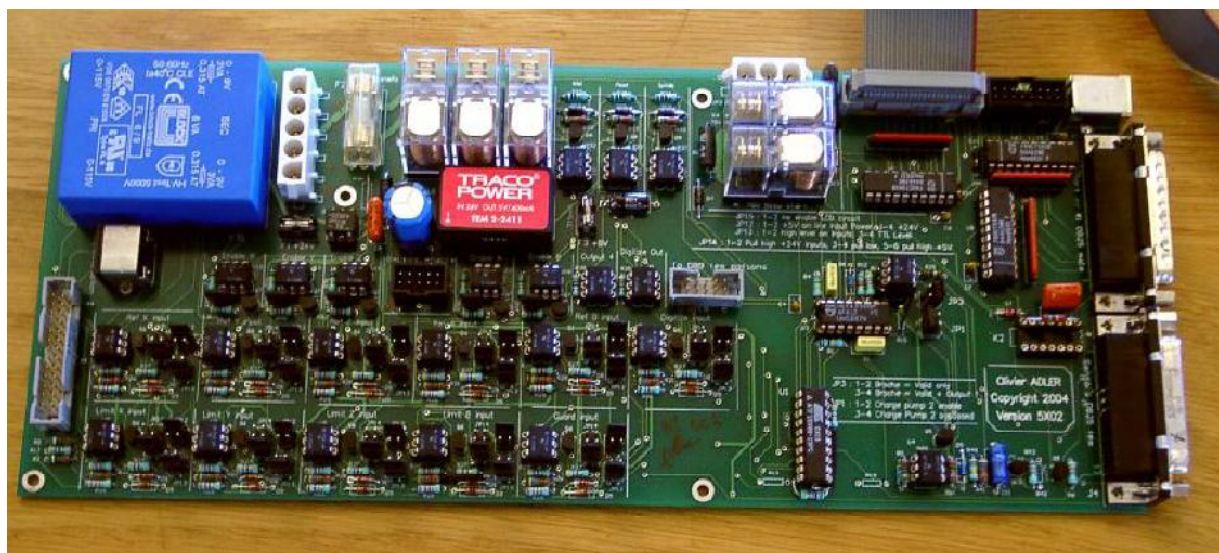
To znamená, že je nejlepší přiřadit logické jedničce signál "lo". Celkem logicky se toto nazývá **logika active lo**. Hlavní praktická **nevýhoda** tohoto zapojení je, že připojené zařízení musí mít zdroj 5 Voltů. Často se používá napětí z portu pro joystick nebo je zařízení vybaveno zdrojem vlastním.

Pokud se vrátíme ke vstupním signálům, do pinů portu musí protékat pro úroveň "hi" proud menší než 40 μ A a pro úroveň "lo" teče opačným směrem proud menší než 0,4 mA.

Vzhledem k tomu, že základní deska moderních počítačů zahrnuje mnoho funkcí včetně paralelního portu v jednom čipu, odzkoušeli jsme systémy, kde se napětí řídí pouze uvedenými pravidly "hi" a "lo". Může se Vám stát, že pokud Váš stroj správně funguje na starém počítači, po jeho upgradování se začne chovat nevypočitatelně. Piny 2 až 9 mají podobné vlastnosti (jsou to datové piny při tisku). Pin 1 je pro tisk také velmi důležitý, nicméně ostatní piny se již méně používají a mohou být proto navrženy na nižší přípustné zatížení. Jediným způsobem, jak vyřešit uvedené problémy kompatibility, je použití oddělovací desky (viz. další kapitola).

4.4.3. Elektrické rušení a nákladné vyhoření

Pokud jste přeskočili předchozí kapitolu, o to víc důkladněji si přečtěte tuto!



Obrázek 4.2 – Tři příklady komerčních oddělovacích desek

Piny 18 až 25 na paralelním portu počítače jsou připojeny na nulovou napěťovou úroveň počítače tzv. zem. Všechny napěťové signály z a do počítače jsou vždy vztahovány relativně k této nule. Pokud připojíte na některý vstupní pin velmi dlouhé vodiče, obzvláště pokud vedou blízko kabelů napájení motorů, kterými protékají velké proudy, může se v datových kabelech naindukovat napětí vyvolávající elektrické šумы/rušení a to může způsobovat chyby. Takto lze dokonce i zničit počítač.

Drivery motorů pohonu os či vřetene, které jsou k Machu3 připojeny přes paralelní port, jsou napájeny napětím 30 až 240 voltů a jsou schopné operovat s výstupními proudy ve vinutí motorů mnoha ampér. Správně zapojené nepředstavují pro počítač žádné ohrožení, **ale** náhodný zkrat může jednoduše zničit celou desku počítače, jako i CD-ROM mechaniku i harddisky. To nás vede k tomu, aby se používala **oddělovací deska**, která odděluje elektrické země driverů, koncových snímačů apod. od počítače a zaručí, že proudy v jednotlivých pinech paralelního portu nepřekročí dovolenou mez. Tato oddělovací deska, drivery motorů i zdroj napětí by

měly být zabudovány v ocelovém rozvaděči, aby se minimalizovalo rušení televizního a radiového signálu vašich sousedů. Pokud Vaše zapojení postavíte jako "krysí hnízdo", pak je to pouze pozvánka pro zkrat a následnou tragédii. Tři komerčně používané oddělovací desky jsou na obrázku 4.2.

Zde totiž končí veškerá legrace!

4.5. Možnosti pohonu os

4.5.1. Krokové motory a servomotory

Existují dvě možné varianty pohonu os Vašeho stroje:

- krokový motor
- servomotor (buď AC nebo DC)

Každý z těchto typů motorů může pohánět osu přes pohybový šroub (ať už obyčejný nebo kuličkový), řemeny, řetězy nebo pastorek/ozubený hřeben. Použitý způsob mechanického převodu pak stanovuje požadovanou rychlost a krouticí moment motoru, jakož i nároky na případné vložené převody mezi motor a mechanický pohon osy.

Vlastnosti bipolárního krokového motoru:

1. nízké náklady
2. jednoduché čtyřdrátové zapojení
3. jednoduchá údržba
4. rychlosti motorů jsou limitovány otáčkami kolem 1000 ot./min a max. krouticí momenty kolem 21 Nm. K dosažení maximálních rychlostí je potřeba provozovat motor a tedy i drivery na maximálních dovolených napěťových úrovních. K dosažení maximálního krouticího momentu je zase potřeba maximálních dovolených proudů.
5. z praktických důvodů jsou motory obráběcích strojů řízeny drivery s možností dělení kroku na mikrokroky, aby byl zajištěn hladký chod motoru při všech rychlostech s rozumnou účinností
6. představuje typ řízení s otevřenou smyčkou, což znamená, že motor může při vysokých zatíženích ztrácet kroky, čehož si uživatel nemusí okamžitě všimnout.

Na druhé straně servomotory jsou:

1. relativně drahé (obzvláště pokud používáte AC motory)
2. vyžadují kabeláž jak pro vinutí motoru, tak pro připojení enkoderu
3. u DC servomotorů je potřeba údržba/výměna komutačních uhlíků
4. otáčky motorů se pohybují kolem 4000 ot./min a prakticky neomezeným krouticím momentem (pokud to samozřejmě zvládne Váš rozpočet)
5. představují typ řízení s uzavřenou smyčkou tzn. okamžitá poloha je vždy známa a je správná, jinak driver signalizuje chybu.

V praxi dává použití krokových motorů na obráběcích strojích uspokojivých výsledků, pokud nepožaduje výjimečné nároky na přesnost a rychlost obrábění.

Je nutné Vás varovat u dvou věcí. Zprv, servosystémy starých strojů patrně nejsou digitální tzn. nejsou řízeny signály Step/Direction. Tedy pokud chcete společně s Machem3 použít starý servomotor,

budete z něho muset vyjmout resolver (analogový snímač polohy) a nahradit ho digitálním snímačem polohy. Rovněž budete muset vyměnit **celou** elektroniku řízení. A zadruhé, dejte si pozor na krokové motory z druhé ruky, ačkoliv k nim dostanete návod a provozní data od výrobce. Mohou být konstruovány na 5 fázové řízení a nefungují spolehlivě spolu s moderními drivery. Při stejné velikosti mají mnohem menší krouticí moment než moderní motory. A když je odzkoušíte, můžete přijít na to, že jsou odmagnetizované a tedy nepoužitelné. I když jste si jistí svými dovednostmi a zkušenostmi, je lepší pohon os nakoupit přímo od renomovaných dodavatelů, kteří Vám zajistí i případnou technickou podporu. Pak nakupujete jen **jednou a správně!**

4.5.2. Výpočet pohonu os

Kompletní výpočet pohonu os obráběcího stroje je velmi složitý a pravděpodobně nebudete mít všechny potřebné údaje např. jaká je maximální řezná síla. Přesto jsou však k úspěšnému návrhu pohonu nějaké výpočty nutné.

Pokud čtete tuto příručku pouze pro získání přehledu, můžete tuto kapitolu přeskočit.

Kompletní podrobnosti týkající se výpočtu naleznete v části 5.

Příklad 1 - Křížový stůl frézy

Začneme s tím, že budeme definovat nejmenší požadované vzdálenosti pohybu (bavíme se o řízení krokovém, proto lze polohovat pouze do určitých poloh dle nastaveného dělení). Tato hodnota prakticky určuje výslednou přesnost obráběcího stroje. Následuje definování polohovací (radip) rychlostí a krouticího momentu.

Vezměme ukázkový příklad návrhu osy Y pracovního stolu frézy. Používáme pohybový jednořadý šroub se stoupáním 0,1" a kuličkovou maticí. Pokud požadujeme přesnost 0.0001", pak to představuje 1/1000 otáčky hřídele motoru, pokud je přímo připojen na pohybový šroub.

Pohon krokový motorem

Nejmenší krok krokového motoru závisí na tom, jak je řízen. Obvykle má motor 200 kroků na otáčku. Je potřeba použít driver s možností dělení kroku na mikrokroky, aby byl zajištěn plynulý chod v celém rozsahu rychlostí a mnoho driverů nabízí dělení 1:10 (10 mikrokroků na jeden celokrok motoru). Tento systém nám tedy dává nejmenší krok 1/2000 otáčky, což je pro účely našeho příkladu výborné.

Nyní se zaměříme na možné polohovací (rapid) rychlosti. Předpokládejme, že maximální otáčky motoru jsou 500 ot./min. Z toho vyplývá maximální polohovací rychlost 50 palců za minutu a doba k přejetí celého pracovního rozsahu stolu pak činí 15 vteřin. To je uspokojivé, ale ne nijak úžasné.

Při této rychlosti potřebuje elektronika driveru 16.666 ($500 \cdot 200 \cdot 10 / 60$) pulzů za vteřinu. Na počítači s procesorem 1GHz může Mach3 generovat 35.000 pulzů za vteřinu současně pro 6 os. Takže ani zde není žádný problém.

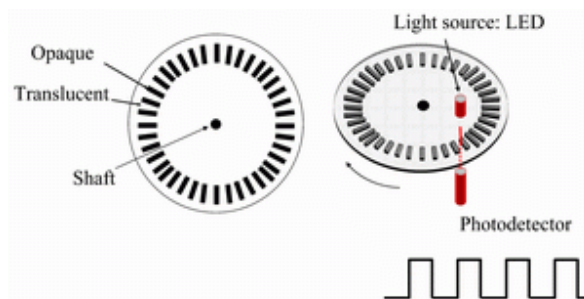
Nyní musíte zvolit, jaký krouticí moment Váš stroj bude vyžadovat. Jeden ze způsobů, jak to změřit, je nastavit na stroji to nejtěžší obrábění, jaké uvažujete provozovat. Na ruční kolo posuvu připevněte

vhodnou páku (řekněme 12") a na konci na ni přidejte pružinový siloměr (např. lze použít několik kuchyňských vah). Pak výsledný krouticí moment je síla odečtená ze siloměru krát délka páky. Dalším způsobem je použití motoru stejné velikosti a specifikace, u kterého víte, že funguje u někoho jiného se stejným typem pohybového šroubu a s obdobnými nároky na obrábění.

Rovněž je možné zvýšit krouticí moment na úkor maximální rychlosti vřazením převodu ozubeným řemenem mezi motor a pohybový šroub.

Pohon servomotorem

Opět se podíváme na velikost kroku. Servomotor má enkoder, který poskytuje driveru informaci o poloze motoru. Enkoder se skládá z disku s mnoha radiálními drážkami, které snímají dva optické snímače navzájem posunuté a generuje tak čtyři pulzy na jednu drážku. Proto třeba disk s 300 drážkami "vyrobí" 300 cyklů na otáčku (CPR). To je pro komerční enkodery poměrně málo. Elektronika enkoderu konvertuje signál na 1200 obdelníkových signálů na otáčku (QCPR) hřídele motoru.



Elektronika driveru obvykle otočí motor o jeden obdelníkový signál na jeden řídicí pulz. Některé dokonalejší servodrivery umí násobit a/nebo dělit řídicí pulzy konstantní hodnotou např. jeden řídicí pulz způsobí natočení 5 obdelníkových signálů nebo 36/17 atd. Tomu se říká **elektronická převodovka**.

Vzhledem k tomu, že maximální otáčky servomotorů jsou kolem 4000 ot./min, budeme potřebovat jistě nějak redukovat otáčky pohybového šroubu. Převodový poměr 5:1 se zdá být vhodný, neboť pak získáme přesnost 0.0000167" na jeden řídicí pulz, což je mnohem lepší než původně požadovaných 0.0001".

A jakou získáme maximální rychlost posuvu? S 35.000 pulzy za sekundu budou výsledné otáčky šroubu 5,83 za vteřinu [$35000/(1200*5)$]. To je kolem 9 vteřin na přejetí dráhy 5" stolu. Povšimněte si, že rychlost je v tomto případě limitována max. frekvencí Machu3, **nikoliv** motoru. V tomto případě jsou otáčky 1750 ot./min. Zmíněné omezení rychlosti bude ještě horší, pokud by měl enkoder větší rozlišení. Často bude nutné použít elektroniku servoměniče resp. jeho elektronické převody, aby bylo možné použít servomotory s enkodery s velkým rozlišením.

A konečně provedeme kontrolu krouticího momentu. U servomotorů není třeba při dimenzování počítat s příliš velkým předdimenzováním motoru, neboť servomotory netrpí jako krokové motory ztrátou kroku. Pokud je třeba v určité části polohování příliš velký moment, motor se začne přehřívat nebo elektronika řízení "vyhodí" chybu příliš velkého proudu.

Příklad 2 – Portálová fréza

Pro tento typ zařízení jsou délky posuvů minimálně kolem 60" (cca. 1500 mm) a pohon kuličkovým šroubem by přišel poměrně draho, navíc ochrana šroubu před prachem je komplikovaná. Mnoho konstruktérů to pak řeší použitím řetězu a řetězového kola (popř. variantou s ozubeným řemenem).

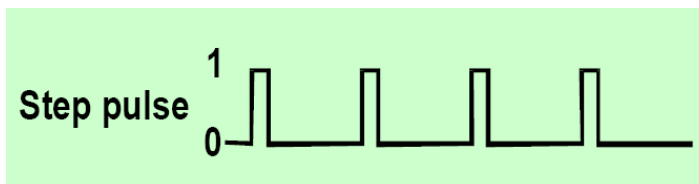
Můžeme zvolit minimální požadovaný krok 0,0005". Hnací řetězka má např. 20 zubů s roztečí 1/4" - to dává pohyb 5" na jednu otáčku řetězky. Krokový motor (s nastavením dělením 10 mikrokroků) má 2000 kroků na otáčku, tedy je potřeba převodu 5:1 (řemenový převod popř. převodovka) mezi hřídelí motoru a řetězky. [$0.0005" = 5"/(2000 \times 5)$]

S takovouto konstrukcí, pokud použijeme max. otáčky motoru 500 ot./min, máme při výsledné rychlosti 60"/min bez uvažování akcelerace a brzdění dobu přejezdu rozumných 8.33 vteřiny.

Výpočet krouticího momentu takového stroje je složitější než u křížového stolu. Hmotnost portálu při akceleraci a deceleraci způsobí dynamické síly, které budou určitě významnější než síly řezné. V tomto případě je nejlepší spolehnout se na zkušenosti jiných nebo provést experiment. Pokud se připojíte do ArtSoft skupiny uživatelů Master5/Mach1/Mach3 na Yahoo, získáte přístup ke zkušenostem stovek jiných.

4.5.3. Jak pracují signály Step a Dir

Mach3 nastaví pulz (logická 1) na výstupním pinu pro každý krok, který má daná osa udělat. Výstupní signál Dir (direction-směr otáčení) je nastaven vždy dříve, než se objeví pulz Step.



Obrázek 4.4 – Tvar výstupního signálu

Výstupní tvar signálu pak bude podobný jako na obrázku 4.4. Mezera mezi pulzy se s rostoucí frekvencí pulzů snižuje.



Obrázek 4.5 – Špatně konfigurovaný výstup modifikuje signál

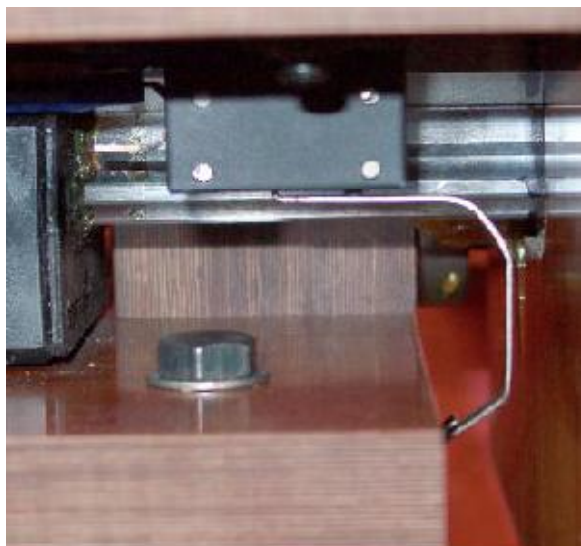
Elektronika driverů obvykle používá pro signály Step a Dir logiku Active Lo. Proto může být Mach3 nastaven tak, aby výstup odpovídal této logice. Pokud neprovedete tuto korekci výstupů, oba signály budou generovány, nicméně driver bude považovat za pulzy mezery mezi pulzy a naopak, což způsobuje často neklidný a nespolehlivý chod motoru. Tyto "invertované" pulzy jsou na obrázku 4.5.

4.6. Snímače "Limit" a "Home"

4.6.1. Strategie

Koncové snímače jsou používány z toho důvodu, aby chránily lineární osu před polohováním mimo navržené rozsahy a zabránily tak poškození konstrukce stroje. Samozřejmě můžete stroj provozovat bez koncových snímačů, ale drobná chyba nastavení může způsobit nákladné škody.

Osa může být osazena i tzv. **home** (referenčním) snímačem. Mach3 nabízí možnost ustavit jednu (nebo všechny) osy do výchozí pozice dané právě tímto snímačem. To je třeba učinit vždy, když je systém zapnut, aby byla známa aktuální poloha os. Pokud nevybavíte osy referenčním snímačem, budete muset ručně polohovat osy do výchozí polohy jen podle oka. Home snímač může být umístěn v libovolné poloze osy, kterou si vy určíte. Z tohoto důvodu snímače **nedefinují nulovou polohu**.



Obrázek 4.6 – Mikrospínač namontovaný na pracovním stole spínaný dorazem na rámu stroje

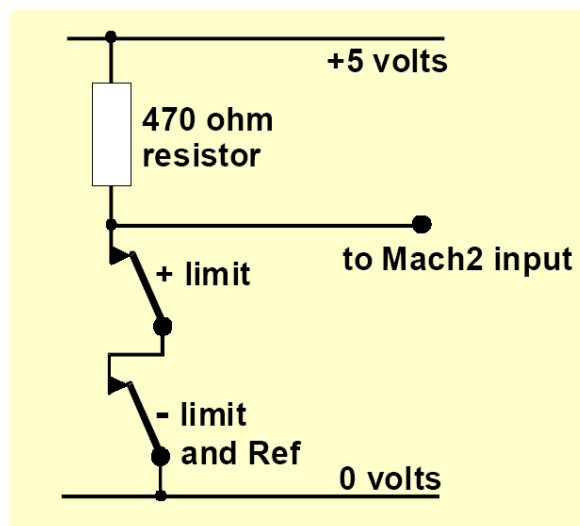
Jak uvidíte, každá osa by potřebovala tři snímače tzn. koncové snímače na koncích dráhy a referenční snímač. Fréza v základním provedení by pak potřebovala devět vstupních linek paralelního portu jen pro tyto snímače. A to není příliš dobré, neboť paralelní port má pouze 5 vstupů. Tento problém lze řešit třemi způsoby:

- koncové snímače jsou připojeny na externí logiku (např. elektroniku driverů) a tato logika vypíná motory, pokud je dosaženo limitních poloh. Referenční snímače jsou připojeny přímo na paralelní port
- jeden pin sdílí všechny tři signály z jedné osy a Mach3 je zodpovědný za kontrolu obou limitů a referenční polohy
- snímače mohou být napojeny na emulátor klávesnice.

První metoda je nejlepší a jediná použitelná pro velké, drahé nebo rychlé stroje, kde nelze spoléhat na software a jeho nastavení, že zabrání mechanickému poškození. Snímače připojené na externí logiku mohou být "inteligentní" a umožní pohyb pouze ve směru od snímače, pokud na něj najede osa. To je bezpečnější než deaktivace funkce limitních snímačů, aby mohl operátor ručně odjet z koncové polohy, a spoléhá se na sofistikovaný pohon.

Na malých strojích, kde použijete druhou metodu, je také možné použít tři vstupy pro třiosou frézu a jsou potřeba pouze dva snímače, neboť jeden limitní snímač může převzít úlohu referenčního.

Emulátor klávesnice má mnohem pomalejší dobu zpracování signálů než paralelní port, avšak pro koncové snímače strojů bez vysokorychlostních posuvů je uspokojivý. Pro bližší informace si přečtěte příručku *Přizpůsobení Machu3*.



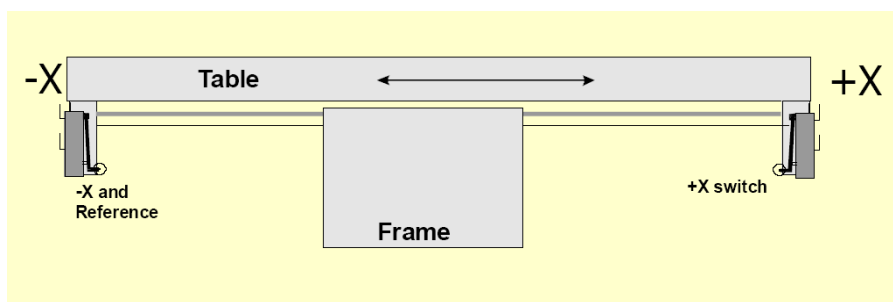
Obrázek 4.7 – Dva normálně sepnuté kontakty dávají logické OR zapojení

4.6.2. Snímače

Pro výběr snímačů máte několik voleb:

Pokud chcete, aby snímače sdílely výstupní signál, je nutné, aby byly zapojeny tak, aby výsledný signál byl v logické "1", pokud **je sepnutý libovolný** snímač (tzn. logická OR funkce). Poměrně jednoduché to je u mechanických snímačů. Pokud mají v normálním stavu sepnuté kontakty (NC - normally closed) a jsou zapojeny do série, jak je zobrazeno na obrázku 4.7, pak výstupem je Active Hi signál, pokud je jeden z nich sepnut. Povšimněte si, že pro spolehlivou funkci je nutné ošetřit zapojení vstupu do paralelního portu. Mechanickými snímači mohou téci významné proudy, proto je do obvodu zařazen odpor 470 Ohmů, který omezí proud na hodnotu cca. 10 mA. Vzhledem k tomu, že kabeláž k snímačům může být relativně dlouhá a existuje riziko rušení, ujistěte se, že máte dobře připojenu zem 0 Voltů (připojení na rám stroje není dostačující) a zvažte rovněž použití stíněného kabelu, který má stínění připojeno na zem napájecí svorkovnice Vašeho řídicího systému.

Pokud se rozhodnete použít elektronické snímače jako třeba optické snímače (LED a fototranzistor), pak budete potřebovat nějaký druh OR brány (např. může být zapojení OR tranzistorů s otevřeným kolektorem popř. použijte vhodné integrované obvody).



Obrázek 4.9 – Dva koncové snímače na rámu – přejezdy ošetřeny mechanickými dorazy

Optické snímače, pokud nepřijdou do styku s chladicí kapalinou, jsou použitelné na kovoobráběcích strojích, ale při frézování dřeva jsou náchylné na poruchy díky zanesení snímače dřevěným prachem.

Nepoužívejte magnetické snímače (jazýčkové nebo pracující na Hallově efektu) na strojích, které obrábějí feromagnetický materiál, neboť třísky mohou magnet "oklamat".

Opakovatelnost bodu snímání, obzvláště u mechanických snímačů, velmi záleží na kvalitě snímače, tuhosti jeho upevnění a spínacím prvku. Připevnění dle obrázku 4.6 je velmi nepřesné. Opakovatelnost snímání polohy je velmi důležitá především u všech snímačů, které jsou referenční (Home). Přejetí je délka pohybu, který se uskuteční od okamžiku, kdy spínač zareaguje, až do zastavení. U koncového snímače tuto dráhu ovlivní i setrvačnost pohonu. Optické snímače jako na obr. 4.7 vybavené dostatečně dlouhou



Obrázek 4.8 – Optický snímač na pracovním stole s clonou umístěnou na rámu stroje



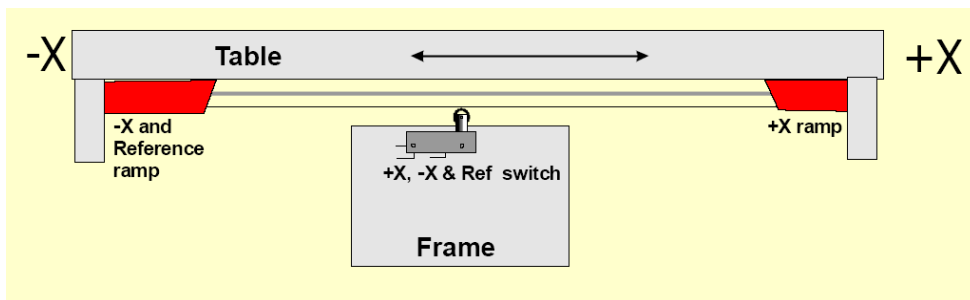
Obrázek 4.10 – Fréza s nástrojem v poloze X=0, Y=0

clonou fungují bez problémů. U mikrosplínačů můžete vyřešit problematiku přejetí použitím náběhu, který tlačí na rolnu splínače ve směru kolmém na osu splínače (obrázek 4.11). Použití náběhu ale na druhé straně snižuje opakovatelnost snímané polohy. Konstrukčně je samozřejmě možné použít jeden snímač pro obě krajní polohy, pokud se vhodně namontují dvě clony nebo náběhy.

4.6.3. Kam umístit snímače

Volba montážní polohy snímačů je vždy kompromisem mezi snahou nevystavovat snímače šponám a prachu a na druhé straně je kvůli kabeláži umísťovat na pevné části stroje než na pohyblivé.

Např. na obrázku 4.6 a 4.8 jsou snímače umístěny zespodu na stole navzdory tomu, že vyžadují pohyblivou



Obrázek 4.11 – Náběhy ovládající jeden snímač

kabeláž, neboť zde jsou mnohem více chráněny před nečistotami. Možná přijdete na to, že je výhodnější použít jeden pohyblivý kabel s dráty pro dva a více snímačů.

Nepokoušejte se slučovat napájení motoru a kabeláž snímačů do vícežilových kabelů, raději použijte dva oddělené kabely, čímž se vyhnete problémům s rušením. Nejlépe, když oba kabely budou vhodně stíněné a spojené se společnou zemí driverů. Doporučujeme Vám podívat se na komerční stroje a na ukázkové obrázky na Master5/Mach1/Mach2 Yahoo!, kde získáte více nápadů a technik, jak a kam zapojit a umístit snímače.

4.6.4. Jak Mach3 používá sdílené snímače

Tato kapitola se věnuje nastavení malých strojů, kde Mach3 využívá spíše snímačů než externích obvodů EStopu.

Pro plné pochopení celé problematiky si prosím rovněž přečtěte kapitoly v části 5 o konfiguraci machu3, nicméně základní princip je jednoduchý. Spojíte dva koncové snímače do jednoho výstupu (popř. použijete jeden snímač a dvě clony/náběhy). Machu3 definujete směr, kde má hledat polohu referenčního snímače. Limitní snímače na koncích pracovního rozsahu osy jsou v podstatě také snímači referenčními.

Za normálního chodu, kdy Mach3 řídí pohyb osy, a indikuje, že byl sepnut koncový splínač, zastaví pohyb (obdoba EStopu) a zobrazí hlášení, že byl sepnut koncový splínač. Nebudete moci pohybovat s touto osou dokud:

1. Nebude zapnuta funkce **Auto Limit Override** (tlačítkem na obrazovce Settings). V tomto případě stiskněte Reset a ručně sjed'te z koncového snímače. Následně můžete spustit zreferování stroje (najetí všech os na referenční snímače)
2. Stiskněte tlačítko **Override Limits**. Červeně blikající LED oznamuje, že jste v dočasném režimu. V tomto případě je opět nutné resetovat Mach3 a ručně odjet z čidla. Jakmile "spadne" signál z koncového čidla, automaticky se režim vypne a kontrolka zhasne. Opět musíte zreferovat stroj. V této souvislosti je příhodné podotknout, že lze libovolný vstup Machu3 nakonfigurovat na potlačení signálů z koncových snímačů.

Uvědomte si, že ačkoliv Mach3 používá při ručním polohování omezené rychlosti, v tomto režimu není v žádném případě ochrana proti pohybu směrem dále za koncový snímač, čímž dojde ke srážce osy s mechanickým dorazem. **Takže velmi opatrně.**

4.6.5. Referencování stroje

Pokud požadujete referencování (tlačítkem nebo v G-kódu), osa (osy), které mají definovány referenční snímače, se začnou předdefinovanou rychlostí stanoveným směrem pohybovat až do polohy, kde snímač sepne. Osa potom reverzuje pohyb a odjede od snímače (dokud se snímač nevypne). Během referencování není aktivní kontrola koncových snímačů (myšleno softwarová kontrola Machem3, a ne pokud jsou koncové snímače zapojeny do okruhu EStop).

Jakmile se osa zreferencuje, její absolutní souřadnice stroje je nastavena na nulu nebo jinou předdefinovanou hodnotu, kterou nastavíte v Config->Homing/Limits dialogu. Pokud nastavíte nulu, pak referenční poloha je rovněž nulou osy stroje. Pokud je referenční poloha v opačném směru než je orientace dané osy (obvyklé pro osy X a Y), můžete nastavit jako předdefinovanou hodnotu např. -0.5". Tedy nulová poloha stroje je pak půl palce před koncovým snímačem (to je myšleno pro případ, že je koncový snímač používán i jako referenční). Sice tímto způsobem trochu "plýtváme" pracovním rozsahem osy, ale pokud se Vám podaří přejet při ručním polohování do nulové polohy, nesezne se koncový snímač. Přečtěte si rovněž kapitolu Softwarové limity (5.6.1), jako další způsob řešení uvedeného problému.

Pokud v Machu3 spustíte referencování v okamžiku, kdy je referenční snímač sepnut, dojde ke "sjetí" osy z čidla opačným směrem než je nastaven směr hledání reference (Mach3 předpokládá, že v daný okamžik je osa v poloze ref. snímače). To je dobré, pokud je signál z referenčního snímače veden do systému samostatně nebo je **jako referenční použit některý z krajních snímačů**. Pokud však jsou referenční snímače sdíleny do jednoho signálu, pak Mach nemůže přepokládat, který snímač u které osy je sepnutý, a pak se může stát, že při odjíždění ze snímače (bohužel jiného, než je sepnut) dojde ke kolizi. Pro tento případ existuje jediná rada, **nejprve pečlivě ručně "sjed'te" ze všech snímačů a teprve potom spust'te referencování**.

4.6.6. Další možnosti a rady týkající se referenčních a koncových snímačů

Referenční snímač dále od koncových snímačů

Není vždy výhodné mít referenční snímač v krajní poloze pracovního rozsahu osy. Vezměme si např. velké sloupové frézy nebo horizontky. Pracovní dráha osy Z může být až 8 stop a její rychlost může být poměrně nízká (což nesouvisí s možným výkonem stroje). Pokud je referenční poloha umístěna v horní

úvrati, během referencování to může představovat až 16 stop pomalého pohybu (pokud se po najetí na referenční polohu vrací dolů, aby zde začala obrábět). Pokud se snímač umístí do poloviny dráhy, pak se potřebný čas zkrátí na polovinu. Takovéto stoje by měly mít oddělený snímač referenční polohy osy Z (to však vyžaduje volný vstup na paralelním portu) a měly by používat schopnost Machu3 libovolně nastavit hodnotu absolutní souřadnice v referenční poloze - tedy definovat takovou polohu, aby v horní úvrati byla nula.

Samostatný velmi přesný referenční snímač

Osy X a Y na velmi přesných strojích by měly být vybaveny samostatnými ref. snímači, aby bylo dosaženo požadované přesnosti.

Koncové snímače více os spojené dohromady

Vzhledem k tomu, že Mach3 nezajímá, který z koncových snímačů byl sepnut, mohou být všechny koncové snímače svedeny do jednoho vstupu (použitím logických OR). Pak každá osa může mít svůj vlastní samostatný referenční snímač a pro tříosý stroj je potřeba pouze 4 vstupy.

Referenční snímače více os spojené dohromady

Pokud máte skutečně nedostatek volných vstupů, pak lze logickým OR spojením sloučit signály referenčních snímačů více os do jednoho. V tomto případě lze referencovat každou osu odděleně - takže musíte z obrazovek odstranit tlačítko "**Ref All**". Sdružené referenční snímače MUSÍ být umístěny vždy na konci pracovní dráhy!

Vlečení os

Na frézách portálového typu, kde jsou obě "nohy" portálu poháněny samostatným motorem, lze každý motor řídit jako samostatnou osu. Předpokládejme, že se portál pohybuje ve směru Y a osa A je konfigurována jako lineární a vlečená osou Y viz. kapitola 5. Obě osy mohou mít koncové a referenční snímače. Za normálního provozu budou drivery os Y a A řízeny stejnými pulzy Step a signály Direction. Během referencování obě osy budou rovněž polohovat synchronně až na poslední fázi, kdy odjíždějí ze signálu ref. snímače. Zde odjíždějí samostatně tak, aby zastavily každá na definovanou vzdálenost od svého vlastního snímače. Během referencování se tedy může korigovat případné křížení vzniklé během provozu např. náhlým vypnutím nebo ztrátou kroků.

4.7. Ovládání vřetena

Existují celkem tři různé způsoby, kterými lze v Machu3 ovládat Vaše vřeteno, nebo je můžete ignorovat a vřeteno spouštět ručně.

- 1) Ovládání kontaktu relé pro zapnutí (pro oba směry otáčení) a vypnutí motoru
- 2) Řízení motoru vřetena signály Step/Direction = motor vřetena je servo
- 3) Motor je řízen pulzně šířkovou modulací (PWM)

1. Zap./Vyp. řízení

Příkazem M3 nebo tlačítkem lze v Machu3 spustit motor vřetena. Příkazem M4 lze spustit vřeteno v opačném směru než u M3 (záleží na elektrické zapojení). Příkazem M5 motor vřetena vypínáte. Příkazy

M3 a M4 mohou být konfigurovány tak, aby byly propojeny s výstupy na paralelním portu, které dále ovládají řízení motoru včetně (relé, stykač nebo frekv. měnič).

Ačkoliv to zní jednoduše, v **praxi musíte být velmi obezřetní**. Pokud nepotřebujete využívat opačnou rotaci, konfiguruje raději obě funkce na jeden výstupní pin nebo pin pro opačnou rotaci vůbec nepřipojujte.

Je totiž možné nastavit oba signály současně, a pak kontakty obou spínacích prvků mohou prostě zkratovat napájecí napětí. Je ovšem možné zakoupit speciální reverzační relé, které mechanicky vylučuje výše uvedenou situaci. Dalším problémem je, že definice G-kódu říká, že je možné použít příkaz M4, pokud se již včetně otáčí dle příkazu M3 a naopak. Pokud je motor včetně AC, pak změnou směru otáčení při plné rychlosti dochází k značnému mechanickému namáhání a pravděpodobně Vám to odpálí pojistku nebo vyhodí jistič. Pro bezpečnou funkci je třeba vložit patřičnou prodlevu mezi rozepínání a spínání jednotlivých kontaktů popř. použít moderní frekv. měniče.

Prečtěte si rovněž poznámku ohledně omezeného množství sepnutí kontaktu relé v části Chlazení

2. Řízení Step/Direction

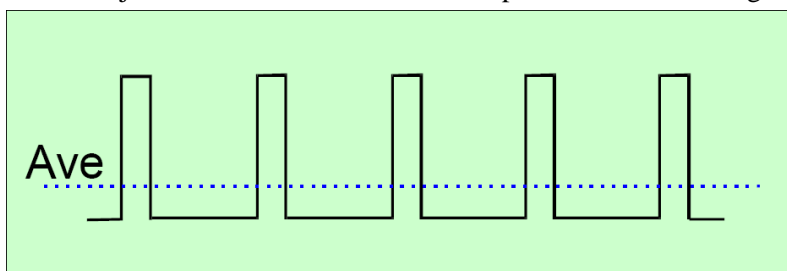
Pokud máte své včetně poháněno servomotorem, jehož driver akceptuje signály Step/Dir, pak stačí konfigurovat dva výstupy paralelního portu. V Mach3 se dá rovněž nastavit případný převod mezi motorem a hřídelí včetně, a to i pro typ, kdy se převod dle požadovaných otáček volí výběrem soustavy řemenic. Detaily nastavení viz. kapitola *Ladění motoru* v části 5.

3. Řízení PWM

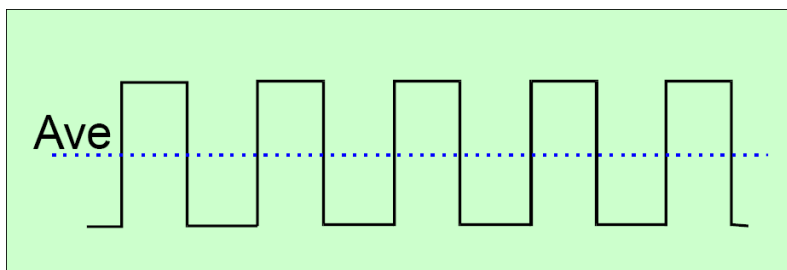
Alternativou řízení signály Step/Direction je použití metody PWM (Pulse Width Modulation), které rovněž Mach3 zvládá. Výstupem je signál s pulzně šířkovou modulací, jehož střída relativně vyjadřuje požadovanou rychlost včetně vztahenu k jeho max. otáčkám. Takže např. můžete tento signál konvertovat na napětí (PWM pro 0% dá 0V, pro 50% dá 5V a 100% je 10V), kterým s použitím frekvenčního měniče ovládáte otáčky motoru včetně. Alternativně lze PWM signál použít k spínání triaku v jednoduchém DC regulátoru otáček.

Obrázky 4.12 a 4.13 znázorňují PWM signál pro střidu 20% a 50%.

Aby mohl být PWM signál převeden přímo na proud (k řízení rychlosti např. frekvenčními měniči se obvykle používá napětí,



Obrázek 4.12 – 20% PWM signál



Obrázek 4.13 – 50% PWM signál

ale předpokládám, že víte, co myslím), musí být transformován. K vytvoření střední hodnoty PWM signálu je v podstatě potřeba elektrického obvodu. Obvod může být jednoduché zapojení kondenzátor a odpor nebo podstatně komplexnější. Záleží na tom, za (a) jak lineární požadujeme závislost mezi PWM a výstupním signálem a za (b) jak rychlá má být odezva na změny.

Rovněž je potřeba věnovat zvýšenou pozornost elektronice rozhraní, neboť vstupy mnoha levných PWM regulátorů nejsou izolovány od hlavního napájení. Další detaily problematiky lze nalézt na serveru Mach2DN v odkazech Discussion a Files Area popř. zadejte "*PWM converter*" či "*PWM Digispeed*" do Google či Vašeho oblíbeného vyhledávače.

Signál PWM má výstup na pinu Spindle Step. Budete muset učinit zvláštní opatření a vypnout motor při nízkých rychlostech výstupem ovládání relé motoru (příkaz M5).

Poznámka: Mnoho uživatelů zjišťuje, že PWM či obdobně řízené drivery včetně jsou často významnými zdroji elektrického rušení, které může způsobit problémy driverům polohování os, snímačům apod. Pokud na svém stroji používáte podobné zařízení, důrazně Vám doporučujeme používat opticky izolované oddělovací desky, stíněné kabely a dodržovat mezeru mezi signálovými a výkonovými kabely alespoň několik palců.

4.8. Chlazení

Výstupní signály Machu3 lze rovněž také použít k ovládání ventilů nebo čerpadel kapalinového či mlhového chlazení. Ty lze aktivovat na obrazovce příslušným tlačítkem popř. příkazy G-kódu M7, M8, M9.

4.9. Řízení polohy nože

Rotační osa A může být konfigurována tím způsobem, že se otáčí tak, že nástroj ve tvaru nože je tangenciálně ke směru pohybu příkazem G1 v rovině X-Y. To umožňuje implementaci řezačky tkanin/fólií s plně řízeným pohybem nože.

Poznámka: v aktuální verzi není tato funkce funkční pro kruhové interpolace (G2/G3 pohyby). Je na Vás, abyste křivky programovali jako posloupnost pohybů G1.

(pozn. překladatele: tato kapitola mi je trochu nejasná. Řekl bych, že se klidně dá vyloučit)

4.10. Digitalizační sonda

Mach3 může být připojen na kontaktní digitalizační sondu, kterou lze provádět měření či digitalizaci povrchu prostorového modelu. Pro tyto účely je vyčleněn vstup, na který se přivede signál z čidla, že došlo ke kontaktu s měřeným předmětem a dále je realizována příprava pro výstup, kterým lze spouštět bezkontaktní měření např. laserovou sondou.

Použitelnost kontaktní sondy je dána přesným kulovým koncem, souosé upnutí do vřetena s konstantní vzdáleností středu kulové plochy od čela vřetena. Pro použití na nekovové materiály (mnoho modelů pro digitalizaci je vyrobeno z pěny, MDF nebo plastu) je zapotřebí opatřit sondu spínačem s citlivostí 1 minuty vychýlení sondy ve směru XY a Z. Pokud by měla sonda být používána s automatickou výměnou nástrojů, pak musí být vybavena bezdrátovým spojením.

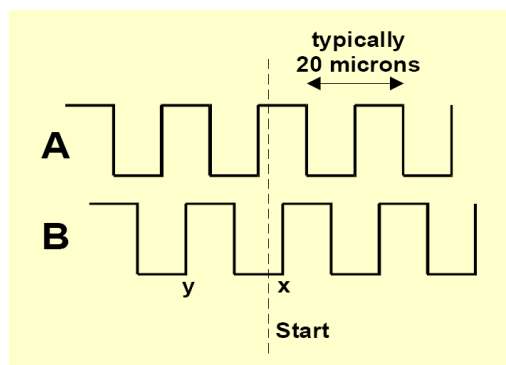
Výše uvedené požadavky jsou ty hlavní problémy při návrhu sondy v domácích podmínkách. Komerčně prodávané sondy bohužel nejsou levnou záležitostí.

Do programu je implementována vývojová funkce pro podporu laserových sond.

4.11. Lineární enkodery (Glass Scale)

V Mach3 lze konfigurovat 4 páry vstupů, na které lze připojit až 4 enkodery s obdelníkovým výstupem (typicky to jsou lineární enkodery viz. obrázek 4.15). Mach3 bude poté zobrazovat polohu danou těmito snímači v odpovídajících DRO. Tyto hodnoty mohou být nahrány z popř. zapsány do DRO hlavních os.

Uvnitř těchto enkoderů je skleněný (někdy plastový) pásek v nanosenými čárkami cca. 10 um silnými oddělenými stejně širokými mezerami. Světlo z LED diody prochází tímto čárkovaným páskem a dopadá na fototranzistor. Při pohybu pásku dochází k vytváření signálu A jako na obr. 4.14. Jeden kompletní cyklus pak odpovídá pohybu 20 mikronů.



Obrázek 4.14 – Obdelníkový signál enkoderu

Další LED a fototranzistor posunutý o 5 mikronů od prvního generuje signál B posunutý o čtvrtinu fáze od signálu A. Přesný výklad by byl dosti obsáhlý, ale jistě si všimnete, že signál se mění každých 5 mikronů pohybu pásku, tedy rozlišení snímače je 5 mikronů. Také dle posloupnosti změn signálu lze stanovit směr pohybu. Např. pokud B jde z lo do hi, když A je v hi (bod x), pak se pohybuje doprava od značky, zatímco pokud B jde z hi do lo, když A je v hi (bod Y), pak se pohybujeme vlevo.



Obrázek 4.15 – Lineární enkoder připraven na montáž

Mach3 očekává na vstupech logické signály. Některé lineární enkodery (např. Heidenhain) však mají na výstupu signál analogový (sinusovku), což umožňuje "chytré" elektronice odměřovat s větší přesností než 5 um. Pokud chcete používat tyto snímače, je potřeba ze sinusovky vytvořit obdelníkový signál s použitím operačního zesilovače/komparátoru. Snímače s TTL výstupem lze připojit přímo na vstupní piny portu, ale s ohledem na fakt, že šum by mohl produkovat špatné čítání, je lepší vytvořit rozhraní s

Encoder Position				
X	+0.0000	To DRO Load DRO	Zero	Alt X
Y	+0.0000	To DRO Load DRO	Zero	Alt Y
Z	+0.0000	To DRO Load DRO	Zero	Alt Z

Obrázek 4.16 – DRO enkodérů

použitím chipu známého jako Schmitt trigger. Tyto enkodery potřebují napájení (obvykle 5V) pro LED a případnou elektroniku.

Vezměte v úvahu následující fakty:

- (a) Nelze jednoduše použít lineární enkodery jako zpětnovazební enkodery servopohonů, neboť i nepatrné pružné deformace v mechanickém pohonu způsobí nestabilitu serva.
- (b) není tak jednoduché připojit rotační enkodery na servomotorech k DRO. Bylo by jistě atraktivní pro ruční polohování os (myšleno s vypnutým driverem, otáčením ručním kolečkem) odečítat aktuální polohu. Problém je v tom, že 0 Voltů servoměniče je použita také jako 0 pro napájení enkoderů a ve většině případu jde o jinou napěťovou úroveň než 0 Voltů Vašeho PC nebo oddělovací desky - je třeba použít důsledného optického oddělení.
- (c) hlavní výhodou použití těchto lineárních enkoderů je akt, že odměřování není závislé na přesnosti či pružnosti pohybového šroubu, řemenového či řetězového převodu apod.

4.12. Pulz indexování vřetena

Mach3 nabízí uživateli také možnost připojit na vstupní pin signál ze snímače umístěného na vřetenu. Každou otáčku vřetena je generován jeden nebo více pulzů. Tento signál lze použít pro zobrazení aktuálních otáček vřetena, ke koordinaci pohybu nástroje např. při řezání závitů a pro orientaci nástroje apod. Lze jej využít také k řízení posuvu na bázi mm/ot. než klasické mm/min.

4.13. "Nabíjecí puma" - pulzní monitor

Mach3 generuje neustále posloupnost pulzů s konstantní frekvencí cca. 12,5kHz na výstupní pin jednoho popř. obou paralelních portů, pokud běží správně. Tento signál není, pokud Mach3 není spuštěn nebo je v EStop režimu popř. z nějakého důvodu selhal softwarový generátor signálu. Tento signál lze využít k nabíjení kondenzátoru přes diodu. Výstupem lze pak aktivovat funkci driverů os a vřetena. Komerční oddělovací desky mají tuto funkci často implementovánu. Touto metodou lze poměrně snadno ošetřit stav stroje po zapnutí, než "naběhne" systém Windows a spustí se Mach3, kdy jsou výstupy na paralelním portu v nedefinovaném stavu. Je to výhodné i z hlediska bezpečnosti.

4.14. Další funkce

Mach3 má celkem patnáct tzn. OEM Trigger vstupních signálů, které můžete využít pro vlastní potřebu. Např. mohou simulovat stisk tlačítka popř. spustit uživatelská makra.

Dále jsou zde 4 uživatelské vstupy, na které se lze dotazovat v uživatelských makrech.

Kompletní podrobný popis architektury Emulace vstupů naleznete v příručce *Úpravy Machu3*. Popis dialogu nastavení pak bude osvětlen v části 5 tohoto manuálu.

Výstupy pro spínání relátky, pokud nejsou konfigurovány pro ovládání vřetena a chlazení, lze využít a ovládat v uživatelských makrech.

A něco k zamyšlení nakonec - ještě než se necháte unášet myšlenkami na připojení mnoha prvků, o kterých byla řeč v této části, mějte na paměti, že Vaše PC nemá neomezeně vstupů a výstupů na svých

paralelních portech. I se dvěma porty máte k dispozici pouze 10 vstupů na připojení všeho nezbytného. Ačkoliv použití emulátoru klávesnice zvyšuje počet vstupů, nelze tyto použít pro všechny funkce. Pak je řešením použití ModBusu.

5. Konfigurace Machu3 pro Váš stroj a jeho pohony

Pokud jste zakoupili obráběcí stroj včetně řídicího počítače s předinstalovaným Machem3, pak pravděpodobně nebudete muset pročitat následující část, pokud Vás to přímo nezajímá. Váš dodavatel pravděpodobně provedl instalaci Machu včetně kompletního nastavení a předal Vám podrobný návod k obsluze.

Doporučujeme Vám se ujistit, že máte kopii konfigurace Machu3 (v papírové podobě) pro případ, že byste museli někdy Mach3 přeinstalovat. Mach3 ukládá všechno nastavení do souboru XML, který lze jednoduše prohlížet.

5.1. Strategie konfigurace

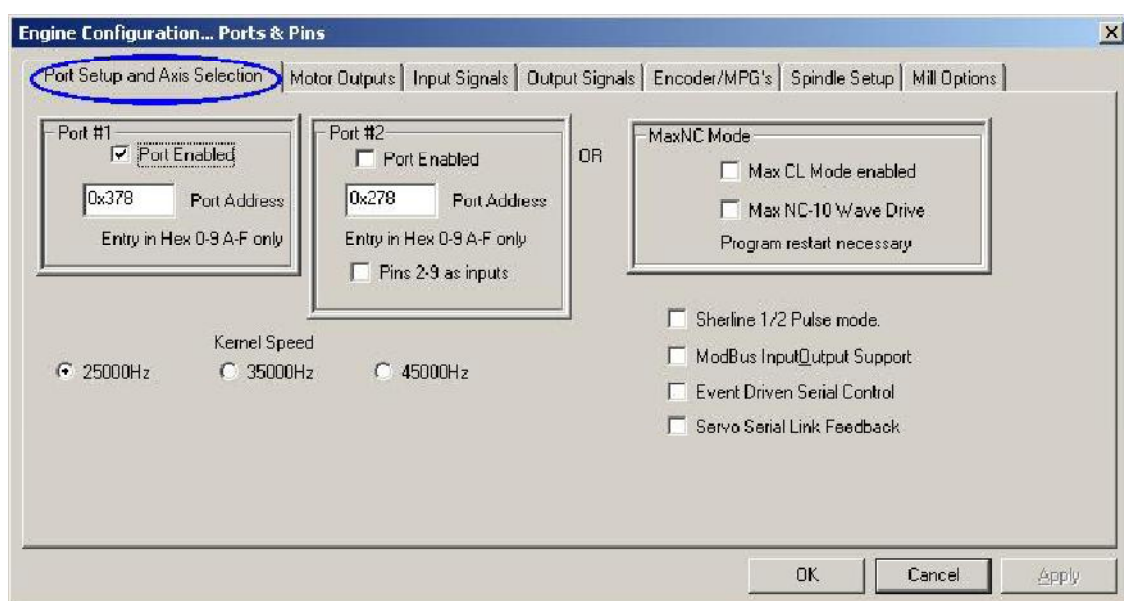
Tato část manuálu obsahuje množství velmi užitečných podrobností nastavení. Avšak, jistě přijdete na to, že proces konfigurace je nezáludný, pokud postupujete krok za krokem, a vše hned testujete. Dobrou strategií je pročíst jednu kapitolu a vzápětí poznatky aplikovat prakticky na počítači a stroji. V této chvíli již předpokládáme, že máte nainstalovaný Mach3.

Prakticky vše, co shrnují následující kapitoly, je založeno na práci s dialogovými okny přístupných z jednotlivých položek menu *Config*. Pokud tedy např. vyberete *Config>Ports and Pins*, zobrazí se dialog konfigurace paralelních portů.

5.2. Prvotní nastavení

První dialog, který byste měli použít, je *Config>Ports and Pins*. Dialog obsahuje více záložek, na obrázku 5.1 je znázorněna tak, která se zobrazí po spuštění dialogu.

5.2.1. Specifikace adres využívaných portů



Obrázek 5.1 – Dialog nastavení portů a výběr os

Pokud budete používat pouze jeden paralelní port a na Vašem PC je fyzicky pouze jeden LPT port, pak patrně implicitně nastavená adresa 0x378 portu 1 je ve většině případů správná.

Pokud používáte jednu či více PCI karet (rozšiřující paralelní porty), pak budete muset vyzkoumat, jaká je jí(jim) přiřazena adresa, protože to se neřídí žádnými standardy. Otevřete *Ovládací panely* systému Windows a poklepejte na položku *Systém*. V zobrazeném dialogu vyberte záložku "*Hardware*" a klikněte na tlačítko "*Správce zařízení*". Rozklikněte položku "*Porty (COM & LPT)*" a poklepejte na první LPT popř. ECP port. Zobrazí se vlastnosti daného portu. Vyberte záložku "*Prostředky*" a první číslo na řádce "*Rozsah I/O*" je Vámi hledaná adresa.

Pozn.: Kdykoliv instalujete resp. odstraňujete jakoukoliv PCI kartu, může dojít ke změně adresy PCI paralelního portu, i když jste se jí ani nedotkli.

V případě použití druhého portu postupujte dle předchozího odstavce.

Zjištěnou adresu(y) zadejte (bez prefixu 0x) zadejte do dialogu v Machu3. Pokud používáte druhý port, nezapomeňte zatrhnout *Enabled*. **Nyní klikněte na tlačítko Apply k uložení nastavení. To je důležité, neboť Mach3 neukládá nastavení, pokud přepínáte mezi kartami nebo zavřete celý dialog!**

5.2.2. Specifikace frekvence

Ovladač Machu3 může pracovat s frekvencemi 25kHz (pulzů za vteřinu), dále 35, 45, 60, 65, 75 a 100 kHz v závislosti na rychlosti procesoru a rovněž na velikosti ostatního vytížení (systémem apod.), když je Mach spuštěn.

Frekvence, kterou potřebujete, je dána frekvencí pro řízení Vašich driverů při maximální rychlosti. 25kHz bude patrně vhodné pro krokové motory (např. pro driver s dělením kroku 10 a použitým motorem s 200 kroky na otáčku jsou pak max. otáčky 750 ot./min). Vyšší frekvenci pulzů je třeba pro servosystémy s vysokým rozlišením enkoderů motorů. Další podrobnosti jsou popsány v kapitole *Ladění motorů*.

Na počítačích s procesorem 1GHz ovladač Machu3 spolehlivě generuje frekvenci 35 kHz, takže pokud potřebuje vyšší frekvenci (pokud máte např. velmi malé stoupání na pohybovém šroubu), lze zvolit tuto frekvenci.

Demonstrační verze programu podporuje **pouze** frekvenci 25kHz. A navíc, pokud je Mach3 "násilně" ukončen, při jeho opětovném spuštění je frekvence nastavena na 25kHz bez ohledu na předchozí nastavení. Aktuální frekvenci snadno zjistíte na obrazovce *Diagnostics*.

Po nastavení frekvence nezapomeňte stisknout tlačítko Apply. Pozor! Při změně frekvence je nezbytné aplikaci Mach3 restartovat!!!

5.2.3. Zvlášť vlastnosti

V dialogu je umístěno několik zatrhávacích tlačítek zvláštní konfigurace. Popisy tlačítek sami o sobě popisují svůj význam. Pokud máte ve svém systému instalován relevantní hardware, tlačítka zatrhněte. Pokud ne, nechte je nezatržena. **Opět připomínáme nutnost uložení nastavení tlačítkem Apply.**

5.3. Definování používaných vstupních a výstupních signálů

Nyní, když jste nastavili základní konfiguraci, je čas definovat, které vstupní a výstupní signály budou používány, a rovněž je nutné jim přiřadit odpovídající piny na paralelním portu(ech). Dokumentace k Vámi použité oddělovací desce, pokud byla navržena k použití s Machem3, by Vám měla dát návod, jak nastavení provést. Popř. Vám byla s deskou dodána šablona profilového souboru (XML) s již definovanými vstupy a výstupy.

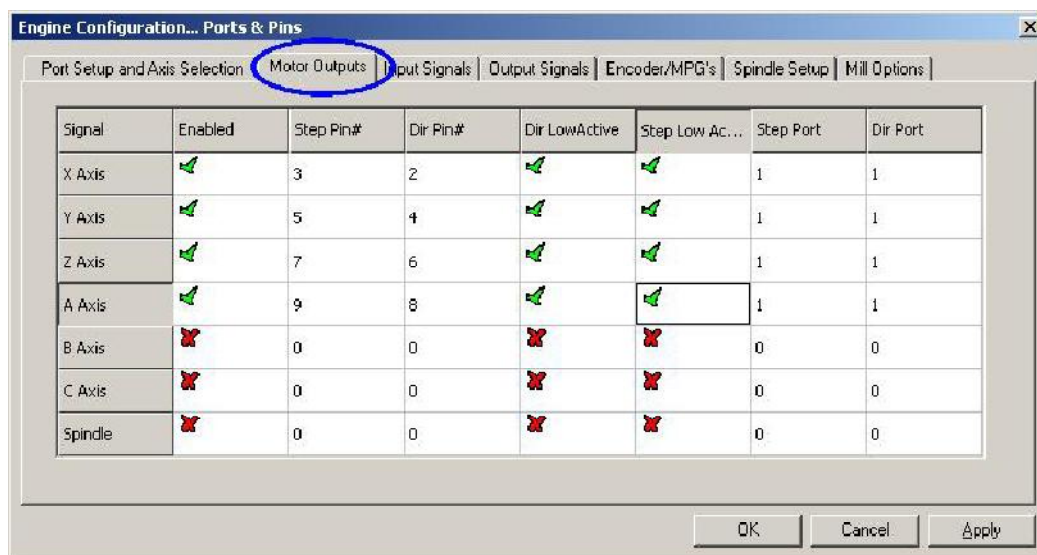
5.3.1. Výstupní signály pro řízení pohonu os a vřetena

Nejprve zobrazte kartu *Motor Outputs* (bude vypadat jako na obrázku 5.4).

Nastavte, ke kterým portům a pinům máte připojeny Vaše drivery pro osy X, Y a Z a klikněte na políčko ve sloupci Enabled tak, aby byl zobrazen symbol potvrzení (zelené zatržítko) = daný výstup je aktivní. Pokud připojujete hardware, který vyžaduje logiku typu Active Lo, zatrhněte příslušná políčka pro Step i Dir signály.

Pokud máte rotační nebo podřízené osy, je třeba je rovněž v tomto dialogu analogicky jako osy X,Y a Z konfigurovat.

Pokud je Vaše vřeteno ovládáno ručně, pak jste již konfiguraci dokončili. **Klikněte na tlačítko Apply.**



Obrázek 5.4 – Nastavení řídicích signálů pohonu os a vřetena

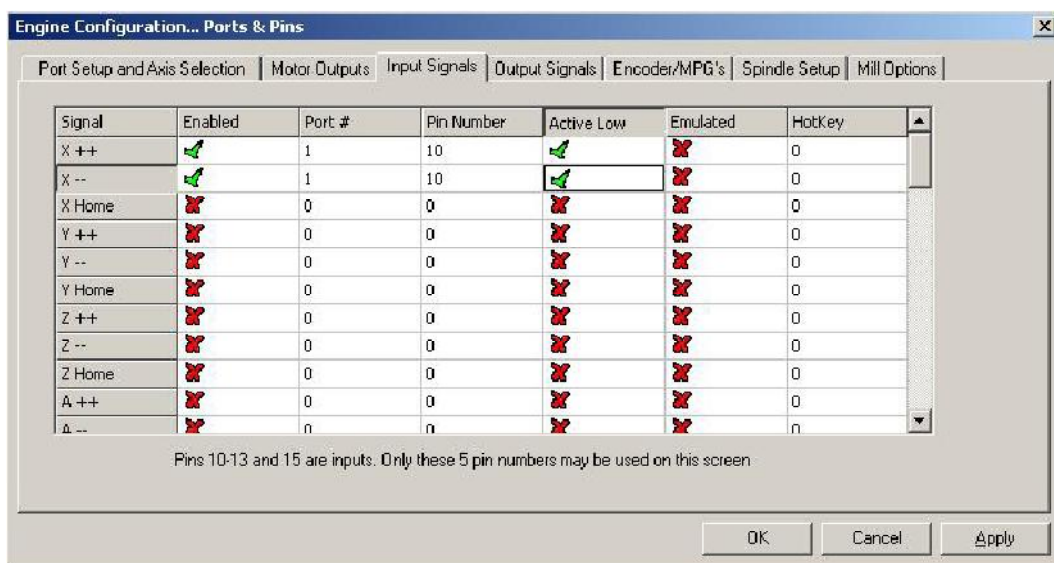
Pokud je motor vřetena řízen Machem3, pak je třeba aktivovat (Spindle - Enabled) a nastavit příslušný výstup signálu Step, pokud je vřeteno řízeno pomocí PWM a směr je ovládán reléovými výstupy (viz. dále). Pokud je motor řízen pulzy a směrem, je třeba nastavit oba výstupy Step/Direction. Nezapomeňte rovněž nastavit typ logiky řízení (Active Hi/Active Lo). **Poté klikněte na Apply.**

5.3.2. Vstupní signály

Vyberte kartu *Input signals*, která vypadá podobně jako na obrázku 5.5.

Pro další nastavení se předpokládá, že jste zvolili jeden ze způsobů připojení koncových a ref. snímačů popisovaných v kapitole 4.6.

Pokud jste vybrali způsob zapojení 1) tedy koncové snímače jsou zapojeny společně a bezpečnostní okruh EStop je řízen elektronikou driverů, pak není třeba provádět žádné nastavení koncových snímačů.



Obrázek 5.5 – Nastavení vstupních signálů

V případě zvolení způsobu 2) máte pravděpodobně připojené referenční snímače os X, Y a Z. Aktivujete tedy tyto snímače ve sloupci Enabled a specifikujete piny, na které jsou připojeny příslušné signály. Pokud jste kombinovali koncové a referenční snímače, pak je třeba aktivovat *Limit--*, *Limit++* a *Home* pro každou osu a rovněž přiřadit piny signálů.

Pro zobrazení všech vstupů použijte posuvník na pravé straně tabulky vstupů.

Vstup *Input #1* je speciální, neboť ho lze použít pro přerušení zpracování běžícího part programu např. pokud dojde k otevření bezpečnostních krytů. Další tři (a pokud není #1 použit pro přerušení programu) jsou volně konfigurovatelné vstupy a použitelné např. v uživatelských makrech. Vstup *Input #4* může být použit pro připojení externího tlačítka pro aktivaci funkce Single Step. Tyto vstupy lze konfigurovat kdykoli později.

Pokud máte na vřetenu snímač otáček (musí mít pouze jeden pulz na otáčku), pak aktivujte a nastavte *Index* vstup. V případě, že snímač vřetena generuje více pulzů na otáčku, je třeba aktivovat vstup *Timing*.

Pokud máte takové zapojení koncových snímačů os, že jsou jejich signály zpracovány Machem3, lze v řádku *Limits Override* konfigurovat vstup, na který připojíte externí tlačítko. Po jeho stisknutí pak lze ručně polohovat i za koncové snímače. Tuto funkci ovšem můžete pohodlně ovládat i tlačítkem na obrazovce Machu3.

Z hlediska bezpečnosti je velmi důležitý vstup *EStop*, kam by měl být sveden signál z bezpečnostního okruhu EStop.

Další skupinou jsou tzn. *OEM vstupy*, kterými lze externě ovládat funkce namísto tlačítek na obrazovce (typicky se používají pro tlačítka Start Cycle, Stop apod.).

Další vstupy už pouze zkratkovitě: vstup *Probe* pro připojení sondy na odměřování a digitalizaci povrchů těles, *THCOn*, *THCUp*, *THCDown* pro řízení plazmového hořáku.

Pokud máte jeden paralelní port, pak je k dispozici celkem 5 vstupů (s dvěma porty 10, pokud však zatrhnete v úvodním dialogu volbu *Pins 2 to 9 as inputs*, tak je celkový počet vstupů zvýší na 13). Není těžké si na prstech jedné ruky spočítat, že vstupů je nedostatek, obzvláště pokud plánujete připojení lineárních enkoderů. Pak musíte učinit kompromis a vyřadit některá méně potřebná zařízení. Rovněž můžete zvážit možnost použít emulátor klávesnice, kterým lze některé na rychlost odezvy nenáročné signály nahradit.

Klikněte na tlačítko Apply pro uložení dat.

5.3.3. Emulace vstupních signálů

Pokud zatrhnete u některého vstupu políčko ve sloupci Emulated, nastavení pinu, portu a logické úrovně jsou ignorovány, přístupní se však políčko Hotkey, kam se zadává klávesa, kterou lze následně daný vstup emulovat (po dobu stisku klávesy signál aktivní).

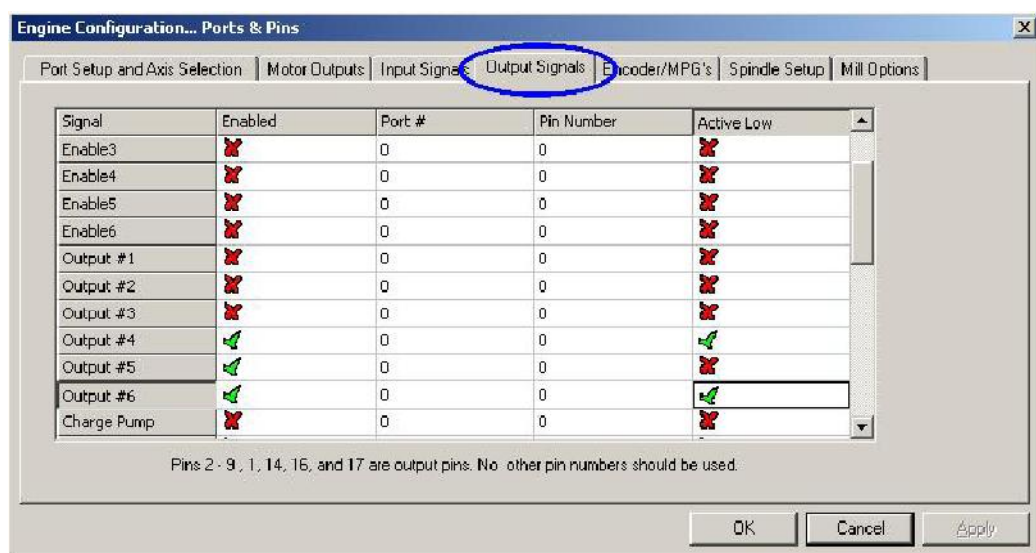
Právě emulátor klávesnice posílá zprávy emulují stisknutí (KeyDown message) a uvolnění (KeyUp message) klávesy, které jsou však v případě emulátoru nahrazeny externími tlačítky. Tato technika, jak již bylo dříve uvedeno, umožňuje rozšířit počet digitálních vstupů Machu3. Je ale opět třeba upozornit, že doba mezi vznikem signálu a jeho zpracováním je silně závislá na vytížení systému Windows a dokonce se mohou zprávy (KeyDown, KeyUp) "ztratit" - systém Windows je nedoručí do fronty zpráv Machu3.

Pro signály *EStop*, *Index* a *Timing* nelze emulaci vstupů použít!

5.3.4. Výstupní signály

V záložce Output signals lze konfigurovat požadované výstupní signály viz. obrázek 5.6.

Pravděpodobně budete chtít používat pouze jeden společný výstup *Enable* pro všechny použité drivery. Ve skutečnosti pokud již využíváte funkci nabíjecí pumpy (Charge Pump viz. 4.13), pak lze pro aktivaci driverů použít její výstup.



Obrázek 5.6 – Nastavení výstupních signálů

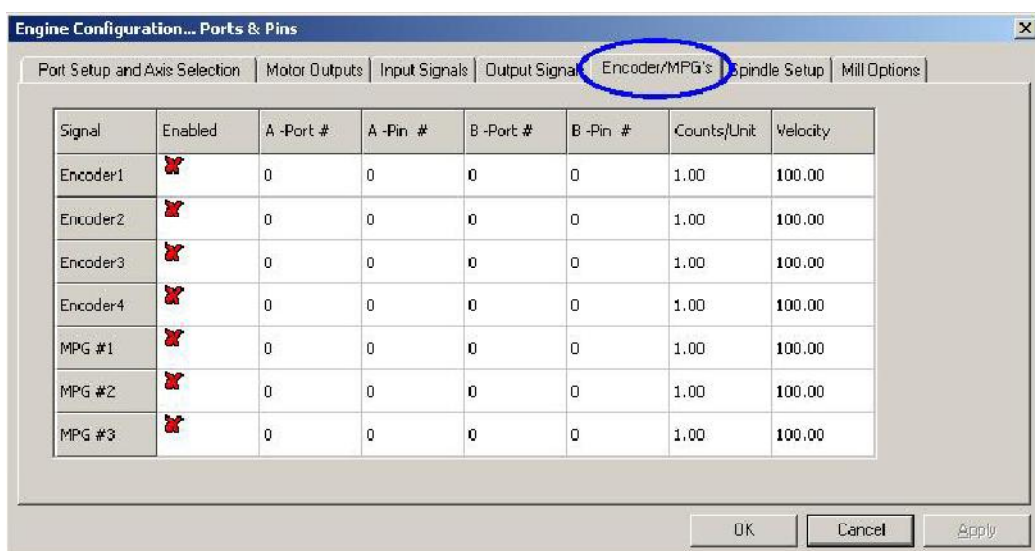
Signály *Output#* jsou určeny pro ovládání/spouštění vřetena (volitelně i pro opačný směr otáčení), pro řízení okruhů chlazení nebo pro uživatelské ovládání libovolných externích akčních členů (řízení buď tlačítkem popř. makrem).

Využít signál *Charge Pump* (nabíjecí pumpa) lze pouze v případě, pokud ho použítá oddělovací deska podporuje popř. pokud použijete vlastní elektrický obvod pro zpracování tohoto signálu. Signál *Charge Pump2* je pak využit, pokud máte dva paralelní porty a dvě oddělovací desky.

Opět nezapomeňte uložit data kliknutí na tlačítko Apply.

5.3.5. Definování vstupu enkoderů

Záložku Encoder/MPGs použijte, pokud chcete konfigurovat připojení a rozlišení lineárních enkoderů nebo MPG pro ruční polohování os. V tomto dialogu není možnost volby Active Lo, protože pokud



Obrázek 5.7 – Nastavení signálu enkoderů

enkodery čítají nesprávným směrem, postačuje většinou pouze prohodit piny vstupů A a B.

5.3.5.1. Enkodery

Hodnota *Counts per unit* by měla vyjadřovat rozlišení enkoderu. Kupříkladu lineární enkoder s délkou 20 µm generuje pulz každých 5 µm, což činí 200 pulzů na milimetr. Hodnota *Velocity* není používána.

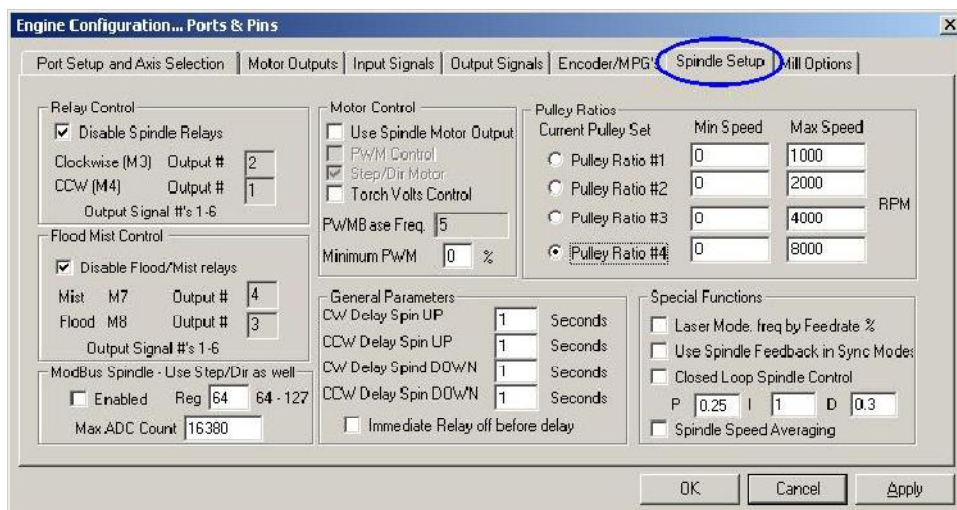
5.3.5.2. MPG (Manual Pulse Generator)

Hodnota *Counts per unit* určuje poměr mezi pulzy z enkoderu a pulzy generovanými Machem3 pro řízení ručního polohování. Pro 100 CPR (Cycles Per Revolution) enkoder je vhodná hodnota 2, pro vyšší rozlišení enkoderu je třeba hodnotu zvýšit pro získání požadované mechanické citlivosti. Např. pro 1024 CPR je dobrá hodnota 100.

Hodnota *Velocity* určuje poměr generování pulzů pro řízení driverů. Čím nižší je hodnota Velocity, tím rychleji se bude osa pohybovat. Tato hodnota se nejlépe nastavuje experimentováním, aby byla dosažena optimální rychlost polohování při otáčení MPG co nejrychleji, ale stále pohodlně.

5.3.6. Konfigurace vřetena

Další záložkou dialogu Config>Ports and Pins je nastavení vřetena. Zde lze kompletně definovat, jakým způsobem bude ovládáno vřeteno a rovněž i chlazení na Vašem obráběcím stroji. Můžete si vybrat, aby se Mach3 o vřeteno vůbec nestaral, aby ho mohl zapínat či vypínat nebo aby zcela převzal řízení včetně ovládání jeho rychlosti buď pomocí PWM (pulzně šířková modulace) nebo signálů Step/Dir. Dialog je zobrazen na obrázku 5.8



Obrázek 5.8 – Nastavení vřetena

5.3.6.1. Chlazení

Příkaz M7 zapíná kapalinové chlazení, M8 zapíná mlhové chlazení a M9 všechna chlazení vypíná. V rámečku Flood Mist se definují výstupy, které ovládají uvedené typy chlazení. Použit lze výstupy #1 až #6 (jejich přiřazení k portům a pinům viz. kapitola 5.3.4). Funkci chlazení lze deaktivovat zatržením tlačítka *Disable Flood/Mist Relays*. (Poznámka překladatele: U verze Mach3 R2.63 je navíc možné

nastavit pro oba typy chlazení velikost prodlevy – v sekundách – která bude vřazena při zpracování part programu po zapnutí chlazení. Tím lze pozdržet začátek obrábění, než „naběhne“ chladicí okruh na pracovní výkon.).

5.3.6.2. Reléové ovládání vřetena

Pokud je rychlost vřetena řízena ručně popř. s použitím PWM, lze v Mach3 definovat směr jeho otáčení, kdy ho zapnout a kdy vypnout (dle příkazů M3, M4 a M5) s použitím dvou výstupů. Přiřazení portu a pinů k výstupům již bylo provedeno v záložce *Output Signals*.

V případě, že je vřeteno řízeno signály Step/Dir, není třeba těchto výstupů - sekvence pulzů je pak dána příkazy M3, M4 a M5.

Pokud nechcete využít reléové ovládání motoru vřetena, pak zatrhněte tlačítko *Disable Spindle Relays*

5.3.6.3. Ovládání motoru vřetena

Pokud chcete, aby Mach3 přímo řídil motor vřetena s použitím PWM nebo signálů Step/Dir, zatrhněte tlačítko *Use Spindle Motor Control*. Pak si můžete vybrat jeden z uvedených způsobů.

Řízení PWM

PWM signál je vlastně digitální signál, obdelníkového tvaru, kde procento doby, kdy je signál na úrovni Hi, představuje procentuálně požadovanou rychlost vzhledem k maximální rychlosti motoru.

Tedy předpokládejme, že máte motor a PWM řídící driver s PWM regulací, který umožňuje maximální otáčky 3000 ot./min, tedy při ovládání signálem dle obrázku 4.12 pak bude mít motor otáčky $3000 \times 0.2 = 600$ ot./min. Obdobně signál dle obrázku 4.13 dá výsledné otáčky 1500 ot./min.

Mach3 musí vycházet z toho, kolik různých šířek pulzů lze generovat pro danou frekvenci PWM řízení. Pokud je např. frekvence 5 Hz a Mach3 má *Kernel speed* nastavenou na 25 kHz, pak lze generovat 5000 různých rychlostí. Při zvýšení frekvence PWM na 10 Hz pak klesá výsledné rozlišení na 5000, což ale ještě poměrně slušné dělení s přesností kolem 1 až 2 ot./min.

Na druhé straně nízká frekvence PWM prodlužuje časovou odezvu, kdy signál zpracuje driver motoru vřetena a nastaví požadovanou rychlost. Hodnoty mezi 5 a 10 Hz dávají v tomto ohledu přijatelné hodnoty. Zvolenou frekvenci PWM zadejte do políčka *PWMBase Freq*.

Mnoho driverů či motorů má výrobcem danou minimální provozní rychlost, danou především nízkou účinností chlazení při nízkých otáčkách a kde je často třeba velkých krouticích momentů a tedy i proudů. V políčku *Minimum PWM %* lze nastavit procentuálně (vztaheno k max. rychlosti) minimální rychlost, pro kterou ještě bude PWM aktivní. Pokud by požadovaná rychlost byla nižší, přestane se signál PWM generovat.

Musíte si rovněž dát pozor na to, že elektronika driveru PWM může mít rovněž své nastavení minimálních rychlostí a v konfiguraci řemenových převodovek (viz. kapitola 5.5.6) lze nastavit pro daný převod minimální rychlosti. Obecně byste měli nastavit rychlostní limit převodovek nepatrně vyšší, než

jsou nastaveny minimální rychlosti PWM popř. elektroniky driverů, neboť v tomto případě Mach3 rychlost pouze omezí a/nebo budete alespoň upozornění chybových hlášením. Pokud se totiž požadovaná rychlost vřeteně dostane po PWM limit, dojde k prostému zastavení motoru (nulový PWM signál).

Motor řízený signály Step/Dir

Driver motoru může být buď regulátor otáček řízený pulzy nebo plnohodnotný servopohon.

Opět lze využít konfiguraci řemenových převodovek (Config>Spindle Pulleys) k nastavení minimální rychlosti, pokud je to třeba s ohledem na parametry motoru či driveru.

5.3.6.4. Řízení vřeteně přes ModBus

Zde lze provést nastavení analogového portu řízení rychlosti vřeteně na ModBus výstupní kartě (např. Homann ModIO). Podrobnější informace jsou uvedeny v dokumentaci Vašeho ModBus zařízení.

5.3.6.5. Obecné parametry

V části General Parameters lze nastavit globální prodlevy po zapnutí a vypnutí motoru vřeteně, než Mach3 začne zpracovávat další příkazy. Tyto prodlevy jsou nezbytné např. pro roztočení motoru na požadované provozní otáčky popř. jakousi softwarovou ochranou při náhlé změně rotace. Hodnoty v jednotlivých políčkách jsou uvedeny v sekundách.

Pokud je zatrženo tlačítko *Immediate Relay off before delay*, dojde k okamžitému vypnutí relé vřeteně (ihned po provedení příkazu M5). Pokud zatrženo není, je relé vypnuto až po uplynutí prodlevy Spin-down. Hodnoty spin-up definují prodlevy při rozběhu vřeteně a hodnoty spin-down jsou prodlevy po vypnutí vřeteně.

5.3.6.6. Řemenové převody - PULLEYS

Pokud Mach3 přímo řídí rychlost otáček vřeteně (PWM, Step/Dir), lze programovat potřebné obráběcí rychlosti příkazem S. Systém integrovaný v programu Mach3, nazývaný *Řemenové převody*, Vám dovoluje specifikovat převodové vztahy mezi nastavenými otáčkami (příkaz S) a rychlostí vřeteně. K dispozici jsou celkem 4 různé převody. Nejjednodušší pro vysvětlení funkce těchto převodovek bude až v kapitole pojednávající o ladění motoru vřeteně, proto je vše podrobně vysvětleno až v kapitole 5.5.6.

Pozn. překladatele: Pro verzi Mach3 R2.63 jsou řemenové převody přesunuty do samostatného dialogu přístupného z menu Config>Spindle Pulleys.

5.3.6.7. Zvláštní funkce a nastavení

Režim *Laser Mode* by neměl být zatržen kromě případu, kdy se přímo řídí výkon řezacího paprsku laseru v závislosti na posuvu.

Funkce *HotWire Heat for Jog* umožňuje zapnutí žhavení drátu i pro ruční polohování (lze využít u řezaček polystyrenu ... pro tyto stroje pak relé ovládající vřeteně spíná okruh žhavení řezacího drátu).

Funkce *Use Spindle feedback in Sync mode* by měla být nezatržena.

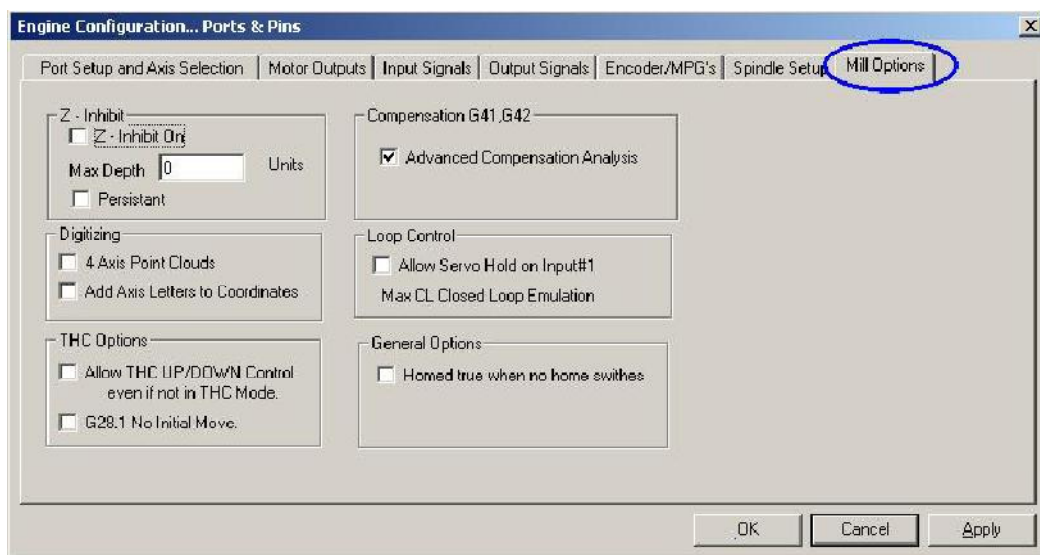
Pokud je zatrženo *Closed Loop Spindle Control* (uzavřená smyčka řízení vřetena), implementuje se do řízení softwarová "servo" smyčka. Pak se Mach3 snaží řídit otáčky vřetena tak, aby odpovídaly požadovaným (dle příkazu S v G-kódu), a to na základě vyhodnocování signálu Index (1 pulz na otáčku) popř. Timing (více pulzů na otáčku). Přesná rychlost otáček vřetena frézy není však tak důležitá, takže si myslíme, že není třeba tuto funkci aktivovat.

Pokud ji však použijete, musíte nastavit regulační konstanty **P, I a D** regulátoru v rozsahu 0 až 1. Hodnota **P** (proporcionální složka regulace) určuje regulační zesílení na základě aktuální odchylky od požadované (výsledkem samotného P řízení je, že rychlost osciluje kolem požadované hodnoty). Hodnota **D** (derivační složka) stabilizuje oscilace P složky na základě derivace odchylky řízení. Parametr **I** (integrační složka) zohledňuje dlouhodobý průběh odchylek řízení (rozdíl mezi požadovanou a skutečnou rychlostí) a tím zvyšuje účinnost regulace co se týká stabilního stavu. K naladění těchto veličin na optimální hodnoty lze využít asistence Machu. V menu *Functions Cfg>Calibrate Spindle* lze zobrazit dialog, ve kterém se naladění provádí.

Pokud je zatržena funkce *Spindle Speed Averaging*, Mach3 počítá při výpočtu aktuální rychlosti vřetena střední hodnotu doby mezi pulzy (Index nebo Timing) na několika otáčkách. To je užitečné v případě velmi nízkého momentu setrvačnosti nebo pokud má driver ovládající motor tendenci ke krátkodobým výkyvům otáček.

5.3.7. Parametry frézování

Poslední záložkou dialogu Ports & Pins jsou parametry frézování viz. obrázek 5.9.



Obrázek 5.9 – Parametry frézování

Z-inhibit - zatržením této možnosti se aktivuje funkce kontroly souřadnice Z. Pak se osa může pohybovat max. do hloubky dané hodnotou v *Max Depth*. Zatržením volby *Persistent* je pak ukládán stav, je-li funkce Z-inhibit zapnuta/vypnuta (lze zapínat/vypínat tlačítkem na obrazovce Machu3) a při opětovném spuštění Machu3 pak je aktivní poslední nastavení.

Digitalizace - zatržítko *4 Axis Point Clouds* umožňuje záznam souřadnic A, X, Y a Z; pokud zatrhnete *Add Axis Letters to Coordinates*, souřadnice se budou ukládat současně s prefixem osy.

THC parametry - názvy jednotlivých voleb samy o sobě popisují funkci.

Kompenzace G41, G42 - pokud zatrhnete možnost *Advanced Compensation Analysis*, při výpočtu kompenzace průměru nástroje je použita mnohem důkladnější analýza tvaru, která redukuje riziko podříznutí při obrábění složitějších tvarů.

Volba **Homed true when no Home** způsobí, že systém se tváří, že je zreferencovaný (svítí zelené LEDky) za všech okolností. Volbu použijte v případě, že nejsou definovány žádné referenční snímače v záložce *Input Signals*.

5.3.8. Testování

Váš software je v tento okamžik dostatečně konfigurován, aby bylo možné začít s jednoduchým testováním hardwaru. Pokud je pro testování žádoucí připojit vstupy s ručně ovládaných spínačů, učiňte tak.

Spusťte Mach3Mill a zobrazte obrazovku *Diagnostics*. Zde jsou sady LEDek zobrazují aktuální logické úrovně vstupů a výstupů. Ujistěte se, že externí signál z okruhu EStop není aktivní (červená Emergency LEDka neblinká) a stiskněte tlačítko *Reset*. Okraj kolem tlačítka by měl přestat blikat.

Pokud máte přiřazeny nějaké výstupy ovládající okruh chlazení či spínání vřetena, lze použít odpovídající tlačítko na obrazovce k zapínání a vypínání těchto výstupů. Váš stroj by měl správně reagovat popř. pouze měřte napětíovou úroveň výstupů multimetrem.

Dále spínejte referenční a koncové spínače. Měla by se na obrazovce rozsvítit žlutě odpovídající LEDka, pokud je signál aktivní.

Tyto testy by Vám měly ukázat, že paralelní port je správně adresován a vstupy a výstupy jsou odpovídajícím způsobem zapojeny.

Pokud máte dva porty a všechny testované signály jsou umístěny pouze na jeden z nich, můžete ten druhý vyzkoušet tak, že dočasně překonfigurujete některé signály na druhý port. Po otestování nezapomeňte uvést nastavení do původního stavu.

Pokud se vyskytnou problémy, měli byste je vyřešit už v tento okamžik, protože je to mnohem jednodušší než začnete zkoušet polohování os. Pokud nevlastníte multimetr, budete si muset koupit nebo půjčit zkoušečku, což Vám umožní alespoň částečně monitorovat stav pinů na portu. V podstatě je zapotřebí prozkoumat, zda (a) vstupní a výstupní signály jsou nesprávně zn. Mach3 nedělá to, co očekáváte, nebo (b) signály neprojdou mezi paralelním portem do Vašeho stroje či naopak tzn. problémy s kabeláží či konfigurací oddělovací desky či stroje. 15-ti minutová pomoc kamaráda může kupodivu zafungovat, dokonce pokud mu/jí jen přesně popíšete problém a jak jste ho prozatím řešili.

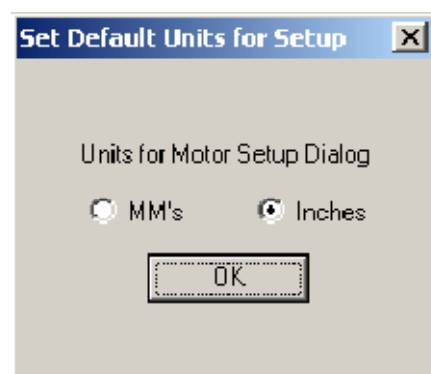
Budete sami překvapeni, jak často podobné popisování problému najednou končí slovy "Dopr... už vím, v čem je chyba ... je to ...".

5.4. Nastavení jednotek

Pokud základní funkce fungují, je na čase konfigurovat pohony os. První věc, kterou je třeba rozhodnout, je zda budete definovat vlastnosti pohonů v metrice (mm) nebo v palcích. Budete moci spouštět part programy v těch jednotkách, které nyní nastavíte. Matematika během konfigurace bude kapánek jednodušší, pokud si vyberete stejný systém jednotek, v jakém byl vyroben Váš pohon (např. kuličkový šroub). Takže třeba šroub se stoupáním 0,2" (5 tpi) je snazší konfigurovat v palcích než v milimetrech. Obdobně šroub se stoupáním 2 mm je výhodnější konfigurovat v milimetrech. Násobení či dělení číslem 25.4 není obtížné, ale je třeba se zamyslet nad něčím trochu jiným.

Je zde, přiznejme si, jistá výhoda, pokud je stroj nastaven v těch jednotkách, ve kterých obvykle pracujete. Tou výhodou je fakt, že můžete uzamknout DRO tak, aby zobrazovaly polohy pouze v jednotkách, které nyní nastavíte, aniž by se přihlíželo na to, co dělá part program tzn. přepínání jednotek příkazy G20 a G21.

Takže volba je na Vás. Použijte dialog Config>Setup Units a vyberte buď MM nebo Inches (viz. obrázek 5.10). Jakmile provedete toto nastavení, nesmíte jednotky měnit, aniž by jste nemuseli znovu projít všechny následující kroky. V opačném případě nastane absolutní zmatek". Na toto Vás rovněž upozorní zpráva ve výstražném okně, než se zobrazí dialog výběru jednotek.



Obrázek 5.10 – Nastavení jednotek

5.5. Ladění motorů

Takže nyní po objasnění všech podrobností je konečně na čase, aby se věci začaly hýbat, a to doslova. Tato část popisuje nastavení pohonů os a v případě, že Mach3 má rovněž řídit otáčky vřetena, tak i nastavení pohonu vřetena.

Celková strategie nastavení pro každou osu je (a) výpočet, kolik pulzů Step je nutné poslat do driveru na každou jednotku (palec či mm) pohybu nástroje či stolu, (b) definovat maximální rychlost motoru a (c) nastavit požadovanou hodnotu zrychlení pro rozjezd i brzdění.

Radíme Vám, abyste ladili každou osu zvlášť. Je dobré nejprve vyzkoušet funkci motoru dříve, než ho připojíte na mechaniku stroje.

Takže připojte napájení k driverům a raději dvakrát překontrolujte kabeláž mezi drivery a oddělovací deskou či počítačem. Může se Vám totiž stát, že prohodíte výkonové a datové kabely, takže je lepší dvojí kontrola než okouřená elektronika :).

5.5.1. Výpočet kroků na jednotku dráhy

Mach3 může automaticky provést testovací pohyb osy a vypočítat počet kroků na jednotku dráhy, ale daleko nejlepší pro přesné naladění je vše vypočítat, a proto zde prezentujeme kompletní teorii.

Počet kroků na jednotku je závislý jednak na mechanické části (tzn. stoupání kuličkového šroubu, převodu mezi šroubem a motorem), vlastnostech krokového motoru či rozlišení enkoderu servomotoru a na nastavení dělení kroku (micro-stepping) či nastavení elektronického převodu v driveru serva.

Podíváme se na tyto tři části postupně a poté je dáme dohromady.

5.5.1.1. Výpočet mechanického pohonu

Nyní budeme počítat potřebný počet otáček Vašeho motoru, aby se osa s nástrojem resp. s obrobkem pohnula o jednotku dráhy (*motor revs per unit*). Pro palce bude tato hodnota patrně vyšší než pro mm, ale v podstatě při výpočtu pro palce a mm není žádný rozdíl a nejlepší je počítat vše na kalkulačce.

Pro **pohybový šroub a matici** potřebujete znát čisté stoupání šroubu (raw pitch), tedy vzdálenost mezi hřbety závitů, a počet chodů. Palcové šrouby mohou být specifikovány v počtech závitů na palec (tpi). Stoupání pak je 1/tpi (např. pro jednochodý šroub s 8 tpi je stupání 1/8=0.125").

Pokud je šroub vícechodý, vynásobte čisté stoupání počtem chodů a dostanete tzv. *efektivní stoupání* (*effective screw pitch*). Efektivní stoupání je vzdálenost, o kterou se pohne osa na jednu otáčku šroubu.

Nyní lze spočítat počet otáček šroubu na jednotku

$$\text{screw revs per unit} = 1 / \text{effective screw pitch}$$

Pokud je šroub přímo poháněn motorem, je to současně i požadovaná hodnota *motor revs per unit*. Pokud má motor převodovku popř. je pohybový šroub poháněn přes řetězový či řemenový převod, kde N_m je počet zubů pastorku, řetězového kola či řemenice na straně motoru, a N_s je počet zubů na straně šroubu, pak:

$$\text{motor revs per unit} = \text{screw revs per unit} \times N_s / N_m$$

Například předpokládejme, že je náš šroub 8 tpi připojen k motoru převodem s ozubeným řemenem, kde na šroubu je řemenice s 48 zuby a na hřídeli motoru řemenice s 16 zuby. Pak $\text{motor revs per unit} = 8 \times 48 / 16 = 24$. (**Rada:** Během výpočtu nechte v kalkulačce každý mezivýsledek, ať se vyhnete případným chybám při zaokrouhlování).

Jako příklad v metrické soustavě uvažujme dvouchodý pohybový šroub, který má mezi hřbety závitů 5 mm, tedy efektivní stoupání je 10 mm. Ten je připojen na motor, který má 24-ti zubový pastorek a šroub má kolo s 48 zuby. Tedy $\text{screw revs per unit} = 0.1$ a $\text{motor revs per unit}$ bude $0.1 \times 48 / 24 = 0.2$

Pro polohování **ozubeným hřebenem a pastorkem, ozubeným řemenem či řetězovým převodem** jsou výpočty obdobné. Stačí si zjistit rozteče řemenů či řetězů. Řemeny jsou dostupné s metrickými rozteči 5 a 8 mm, pro palcovou soustavu je obvyklá rozteč 0.375" (3/8") pro řemeny i řetězy. V případě použití ozubeného hřebenu je potřeba najít rozteč zubů. Nejlépe se dá zjistit měřením přes 50 až

100 zubů. Berte prosím na vědomí, že standardní ozubené převody jsou vyrobeny na kruhovou rozteč, takže naměřená délka bude "chlupaté" číslo, protože obsahuje konstantu Pi ($pi=3.14159265$).

Pro všechny uvedené pohony budeme tuto rozteč nazývat jako **zubová rozteč** (tooth pitch).

Pokud počet zubů na pastorku, řetězce či řemenici na primární hřídeli, která pohání ozubený hřeben/řemec či řetěz, je N_s , pak:

$$shaft\ revs\ per\ unit = 1/(tooth\ pitch \times N_s)$$

A opět příklad s 3/8" řetězem a 13 zubovou řetězkou na hřídeli motoru. Pak $motor\ revs\ per\ unit = 1/(0.375 \times 13) = 0.2051282$. Mimochodem, spočítaný převod je poměrně malý a motor bude potřebovat dodatečnou převodovku, aby se dosáhlo požadovaných nároků na krouticí moment. V tomto případě je nutné přenásobit výsledek převodovým poměrem vložené převodovky.

$$motor\ revs\ per\ unit = shaft\ revs\ per\ unit \times N_s/N_m$$

Například pro převodovku 10:1 pak dostaneme 2.051282 ot./inch.

Pro **rotační osy** kupříkladu rotační stoly či dělicí hlavy jsou jednotky stupně (deg). K výpočtu je potřeba stanovit převodový poměr šnekového převodu, který obvykle bývá 90:1. Takže s přímým pohonem šnekové převodovky dojde na jednu otáčku motoru k otočení stolu o 4°, pak $motor\ revs\ per\ unit$ bude 0.25. Při vložení převodu mezi motor a šnekovou převodovku např. 2:1 bude výsledek 0.5.

5.5.1.2. Výpočet kroků motoru na otáčku

Základní rozlišení všech moderních krokových je 200 kroků na otáčku tj. 1,8° mezi kroky. Pozn.: Starší motory mívaly 180 kroků na otáčku, ale pravděpodobně se s nimi nesetkáte, pokud kupujete nové nebo zánovní vybavení.

Základní rozlišení servomotorů záleží na jejich enkoderu. Rozlišení enkoderu je obvykle vyjádřeno v CPR (cykly na otáčku). Vzhledem k tomu, že výstup je dvojice obdelníkových signálů, efektivní rozlišení bývá čtyřnásobek této hodnoty. Můžete narazit na rozsah CPR od 125 do 2000, což odpovídá 500 až 8000 pulzů na otáčku.

5.5.1.3. Výpočet počtu kroků generovaných Machem3 na otáčku motoru

V dalším textu je tato hodnota použita jako *Mach3 steps per rev*.

Velmi důrazně Vám doporučujeme používat drivery s mikrokrokováním při použití krokových motorů. Pokud je nepoužijete, a budete spoléhat na celokrokové či půlkrokové ovládání, budete patrně potřebovat mnohem větší motory, které budou navíc vykazovat rezonance omezující výkon při určitých rychlostech.

Některé drivery mají pevný počet dělení kroku (typická hodnota dělení je 10), zatímco u jiných lze dělení konfigurovat. Pro tyto případy je hodnota 10 dobrým kompromisem. Z uvedeného vyplývá, že pak musí Mach3 generovat 2000 pulzů Step na jednu otáčku motoru.

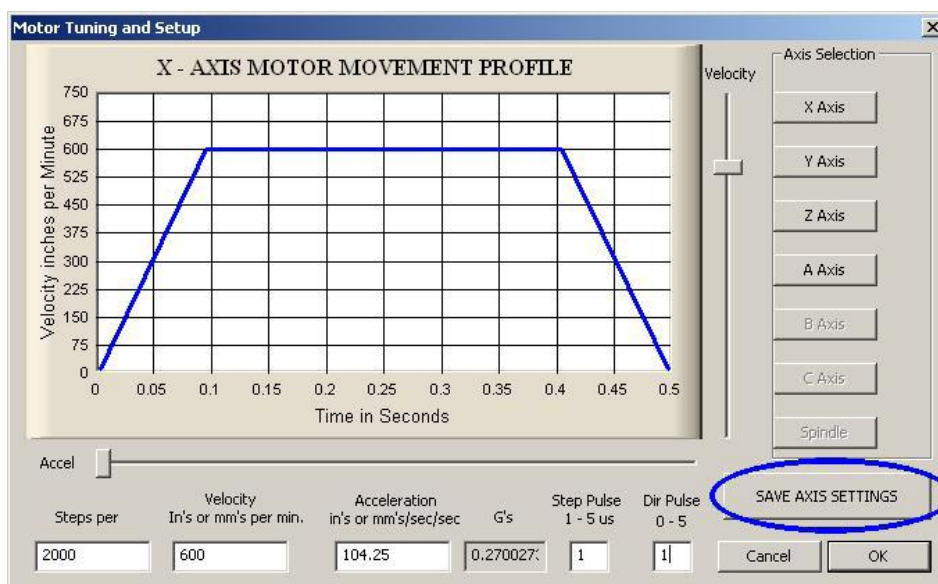
Některé servoměniče vyžadují jeden řídicí pulz na jeden pulz z enkoderu (tedy pro 300 CPR enkoder je potřeba 1200 pulzů Step). Jiné servodrivery mají implementovanu elektronickou převodovku, kde lze násobit počty řídicích pulzů celým číslem, některé typy umožňují navíc i jeho dělení celým číslem. Násobení řídicích vstupů může být velmi užitečné u motorů s enkodery s velkým rozlišením, jejichž rychlost je pak při řízení Machem3 omezena nastavenou výstupní frekvencí.

5.5.1.4. Mach3 pulzy Step na jednotku

Tak konečně můžeme vypočítat:

$$\text{Mach3 steps per unit} = \text{Mach3 steps per rev} * \text{Motor revs per unit}$$

Obrázek 5.11 zobrazuje dialog *Config>Motor Tuning*. Klikněte na tlačítko výběru osy, kterou chcete konfigurovat a zadejte vypočtenou hodnotu *Mach3 steps per unit* do políčka *Steps per*. Zadaná hodnota nemusí být celé číslo, proto zadejte s takovou přesností, jakou požadujete. Neopomeňte následně kliknout na tlačítko *Save Axis Settings*.



Obrázek 5.11 – Dialog Motor Tuning

5.5.2. Nastavení maximální rychlosti motoru

Stále používáme dialog *Config>Motor Tuning*. Pokud pohybuje posuvníkem *Velocity* (rychlost) na pravé straně grafu, můžete si všimnout změny na grafu závislosti rychlosti na čase tzv. rychlostní profil. Osa zrychluje, poté dle nastavení pokračuje plnou rychlostí a následně zpomaluje. Pro teď nastavte rychlost na maximum. Použijte posuvník *Acceleration* (zrychlení) ke změně hodnoty zrychlení (či zpomalování, obě hodnoty jsou shodné).

Pokud používáte k nastavení rychlosti a zrychlení posuvníky, současně se mění hodnoty v políčkách pod grafem. Rychlost je uvedena v jednotkách za minutu a zrychlení v jednotkách za vteřinu². Hodnoty zrychlení jsou rovněž uvedeny v jednotkách G (známé přetížení u pilotů), aby měl uživatel subjektivní představu o silách působících na hmotu stolu či obrobku (1G představuje sílu vlastní tíhy = 9810 mm/s²).

Maximální rychlost, kterou lze nastavit, je dána nastavenou *Kernel Speed*. Za předpokladu nastavené rychlosti 25kHz a 2000 kroků na jednotku pak lze například docílit max. rychlosti 750 jednotek za minutu.

Maximum však není nutně to nejlepší pro bezpečnou funkci motoru, pohonných mechanismů či pro stroj, pouze Mach3 běží bezstarostně. Můžete si buď udělat nějaké nezbytné výpočty nebo se dát cestou praktických zkoušek. Tak je zkusme jako první.

5.5.2.1. Praktické zkoušky rychlosti motoru

Uložte nastavení pro danou osu v dialogu *Config>Motor Tuning* kliknutím na tlačítko *Save Axis Settings* a ukončete dialog. Zkontrolujte, že je vše zapnuto, klikněte na tlačítko *Reset*, aby přestalo blikat a trvale svítilo.

Opět spusťte dialog *Config>Motor Tuning* a vyberte tlačítkem požadovanou osu. Posuvníkem rychlosti nastavte cca. 20% maximální rychlosti a stiskněte na klávesnici kurzorové tlačítko *Up* (šipka nahoru). Osa by se měla začít pohybovat v kladném směru. Kurzorovým tlačítkem *Down* (šipka dolů) pojede osa na druhou stranu.

Pokud je směr pohybu nesprávný, uložte nastavení osy a za (a) **buď** změňte nastavení *Low Active* pro *Dir* výstupní signál dané osy v dialogu *Config>Port and Pins* **nebo** za (b) zatrhněte příslušné tlačítko v dialogu *Config>Motor Reversals* pro používanou osu (*neplatí pro verzi R2.63*). Rovněž máte možnost stroj vypnout a prohodit **jeden** pár vodičů mezi motorem a driverem.

Pokud krokový motor bzučí nebo píská, připojili jste buď špatně vinutí nebo se snažíte motor provozovat příliš rychle. Označení vinutí krokových motorů, obzvláště těch 8 žilových, je někdy matoucí. Budete vše muset překontrolovat patrně s dokumentací k motoru a driveru.

Pokud se servomotor otáčí stále maximálními otáčkami nebo se jen chvěje a driver indikuje chybu, pak je zřejmě třeba prohodit zapojení vinutí či enkoderu (musíte konzultovat s příručkou k měniči). Pokud se v tomto okamžiku dostanete do problémů, oceníte, pokud jste dali na naši radu a koupili nové servo u firmy s dobrou zákaznickou podporou - kupujte správně, pak kupujete pouze jednou!

Většina driverů funguje dobře s nastavenou šířkou pulzu 1 mikrosekunda. Pokud se však během testování ukáže, že motor má potíže (zdá se být hlučný), nejprve překontrolujte, že nemáte nastaveny invertované pulzy (správné nastavení funkce *Low Active* pro výstupy *Step* i *Dir* musí odpovídat parametrům driveru). Pokud zde chyba není, můžete zkusit zvětšit šířku pulzů, řekněme na 5 mikrosekund. Rozhraní řízení *Step/Dir* je velmi jednoduché. Bohužel díky principu, na jakém pracuje, je v případě nesprávné konfigurace poměrně obtížné odhalit příčinu chyby, aniž by byl člověk důsledně systematický a použil osciloskop pro sledování pulzů.

5.5.2.2. Výpočet maximální rychlosti motoru

Pokud se cítíte na to vypočítat maximální rychlost motoru, pak si přečtěte tuto část. Existuje mnoho faktorů, které definují maximální rychlost osy:

- maximální dovolená rychlost motoru (kolem 4000 ot./min pro servo a 1000 ot./min pro krokový motor)
- maximální dovolená rychlost kuličkového šroubu (záleží převážně na jeho délce, průměru, jak jsou uloženy jeho konce)
- maximální rychlost řemenového převodu či redukční převodovky
- maximální rychlost, pro kterou nebude elektronika driveru hlásit chybu
- maximální rychlost, kterou dovolují požadavky na mazání vedení

První dvě zmíněné faktory Vás nejvíce zajímají. Bude nutné nahlédnout do katalogů výrobců a vypočítat přípustné rychlosti šroubu a motoru a vztáhnout je k hodnotě jednotka za vteřinu pro pohyb osy. Takto vypočtenou hodnotu dosadíte do políčka *Velocity* v dialogu Motor Tuning.

Mach1/Mach2 Yahoo! online forum je užitečné místo, kde můžete získat radu od jiných uživatelů Machu3.

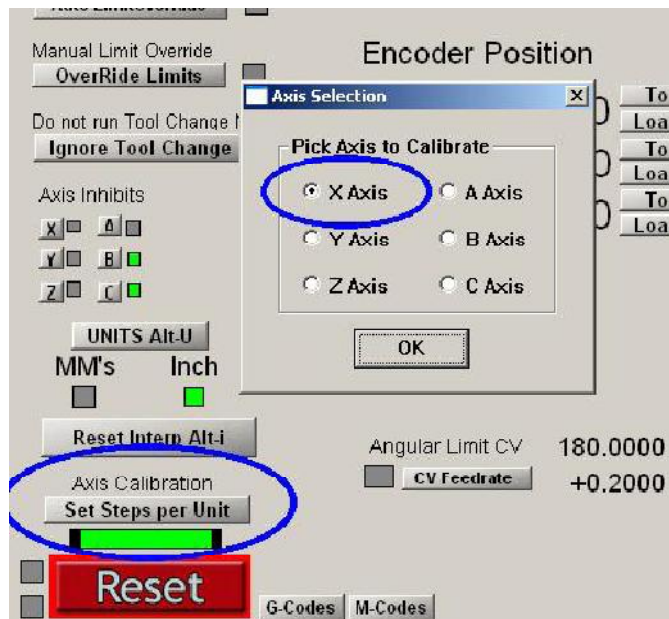
5.5.2.3. Automatické nastavení hodnoty Steps per Unit

Možná nemůžete stanovit parametry převodu Vašeho pohonu nebo neznáte přesně stoupání šroubu. Pod podmínkou, že jste schopni přesně měřit vzdálenost při pohybu osy, např. s použitím hodinkového indikátoru a přesných měrek, pak můžete využít funkce Machu3 pro výpočet hodnoty *Steps per unit*.

Na obrázku 5.12 je zobrazeno tlačítko na obrazovce Settings, kterým se popisovaný proces spustí. Program se Vás zeptá, kterou osu chcete kalibrovat.

Následně musíte zadat nominální hodnotu velikosti přesunu osy. Ihned po potvrzení Mach3 provede polohování, proto buďte připraveni u tlačítka EStop, pokud by se zdálo, že hrozí riziko kolize, neboť jakési aktuální nastavení může být zcela "mimo mísu".

Jakmile je pohyb dokončen, budete vyzváni k změření a zadání přesné vzdálenosti, kterou osa urazila. Uvedené hodnoty budou použity k výpočtu hodnoty *Steps per unit*.



Obrázek 5.12 – Automatické nastavení Step per Unit

5.5.3. Rozhodování o velikosti zrychlení

5.5.3.1. Setrvačnost a síly

Žádný motor není schopen změnit rychlost mechanismů okamžitě. Je zapotřebí krouticího momentu, aby se rotačním částem udělil nějaký točivý moment (včetně samotného motoru) a kroutící moment převedený na sílu (pohybový šroub a matice apod.) musí urychlit části stroje nebo obrobek. Část síly je samozřejmě potřeba na překonání třecích odporů a samozřejmě také řezných sil při obrábění.

Mach3 zrychluje a zpomaluje motor dle dané konstantní úrovně tzn. závislost rychlosti v čase je tvořena rovnou čarou. Pokud je motor schopen dávat dostatek krouticího momentu, než je potřeba k překonání řezných, třecích a setrvačných sil při daném zrychlení, pak je vše v pořádku. Pokud je výstupní moment nedostatečný, bude se buď zastavovat (pokud je krokový) nebo pro servopohon začne narůstat poziční chyba (jde o vzrůst regulační odchylky PID regulátoru - rozdíl mezi požadovanou a skutečnou polohou). Pokud bude poziční chyba příliš velká, pak driver bude patrně signalizovat chybu. Pokud je limita pro ohlášení chyby nastavena v driveru velká, může se stát, že chyba ohlášena nebude, ale v tomto stavu budou výsledné obrobky nepřesné.

5.5.3.2. Testování různých hodnot zrychlení

Zkoušejte rozjíždět a zastavovat s různým nastavením posuvníku *Acceleration* v dialogu Motor Tuning. Při malých zrychleních (pozvolné náběhy na grafu) můžete slyšet rychlostní rampu při rozjíždění i zastavování.

5.5.3.3. Proč se snažíme vyhnout velké polohové chybě servopohonu

Většina pohybů v part programech tvoří koordinované pohyby dvou i více os současně. Proto při pohybu z $X=0$, $Y=0$ do polohy $X=2$, $Y=1$ bude Mach3 řídit osu X dvakrát rychleji než osu Y. Nejedná se pouze o koordinaci při konstantní rychlosti, ale Mach3 musí zajistit vzájemný vztah poloh i během zrychlování a zastavování, přičemž je vždy nutné použít přiměřenou velikost zrychlení všech pohybů vztahované k "nejpomalejší" ose.

Pokud nastavíte pro danou osu příliš velké zrychlení, Mach3 bude předpokládat, že lze tuto hodnotu používat, ale čím více bude pohyb osy zaostávat za požadovanou polohou (velká polohová chyba serva), tím bude obráběný tvar nepřesný.

5.5.3.4. Výběr hodnoty zrychlení

Je dost možné, že pokud známe hmotnosti všech částí, momenty setrvačnosti motoru a šroubu, třecí síly a výstupní kroutící moment motoru, lze stanovit, jakého lze docílit zrychlení s danou chybou. Výrobci kuličkových šroubů a lineárního vedení často ve svých katalozích uvádějí jednoduché výpočty.

Pokud nechcete "vyždímat" ze svého stroje vrcholový výkon, doporučujeme Vám nastavit hodnotu zrychlení tak, aby rozjezd a brzdění znělo "pohodově". Omlouváme se, že to není zcela vědecký přístup, ale zdá se, že se tak dosahují dobré výsledky.

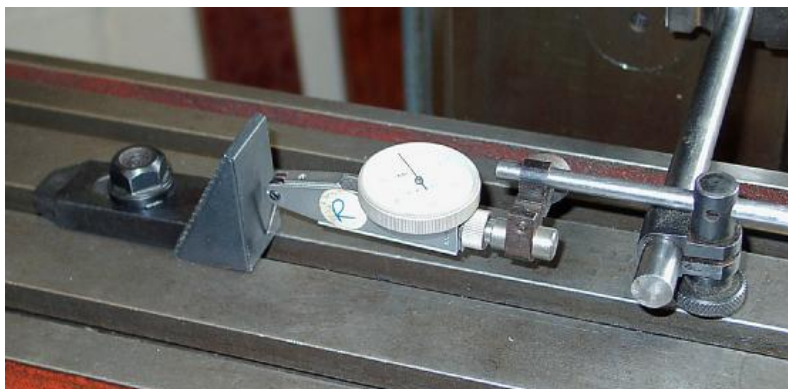
5.5.4. Uložení nastavení a testování osy

Dříve než se pustíte do testování pohybu, nezapomeňte kliknout na tlačítko **Save Axis Setting**.

Nyní byste měli vyzkoušet přesnost Vašich výpočtů s použitím MDI, a to prováděním pohybů G0. Pro povrchní kontrolu lze použít ocelové pravítko. Přesnější kontrola by se však měla provádět hodinkovým indikátorem (DTI) a přesnými měrkami. Přesněji řečeno, měřicí prvky by měly být připevněny v kleštině vřetena, ale pro obyčejnou frézku lze využít rámu stroje, neboť vřeteno se relativně k rámu v rovině XY nepohybuje.

Předpokládejme, že kontrolujeme osu X a máme 4" měrku.

V MDI vstupním poli vyberte jednotky palce a nastavte absolutní souřadnice (G20 G90). Ke stolu připevněte upínku a ručně polohujte osou, až se dotkne sondy hodinkového indikátoru. Zajistěte, abyste při tomto pohybu skončili pohyb v záporném směru osy X. Nastavte rysku na nulu viz. obrázek 5.13.



Obrázek 5.13 – Ustavení nulové polohy

Nyní v MDI zadejte G92X0 - tím nastavíte offset a dojde k vynulování DRO osy X.

Polohujte stůl na souřadnici X=4,5 příkazem G0 X4.5. Pokud vložíte mezi indikátor a upínku měrku, mezera by měla být cca. půl palce. Pokud tomu tak není, zřejmě někde ve Vašich výpočtech hodnoty Steps per Unit byla chyba. Překontrolujte si a opravte. Nyní polohujte na souřadnici X=4.0 (příkaz G0 X4). Tento pohyb je opět v záporném směru osy X, stejně jako bylo najetí na nulovou polohu, čímž se eliminuje vůle v mechanismu. Nyní lze na hodinkovém indikátoru odečíst polohovou chybu. Měla by být přibližně do tisíciny. Popisovaný způsob je vidět na obrázku 5.14.



Obrázek 5.14 – Ustavená 4" měrka

Vyjměte měrku a příkazem G0 X0 ještě překontrolujte nulovou polohu. Opakujte uvedený test s 4" měrkou přibližně 20x a sledujte, jak opakovatelné jsou koncové polohy. Pokud získáte velké odchylky,

pak je patrně něco v nepořádku s mechanikou. Pokud získáte shodné chyby, pak můžete k dosažení maximální přesnosti doladit hodnotu *Steps per Unit*.

Dalším krokem je kontrola, zda nedochází ke ztrátě kroku v opakovaných rychlých přesunech. Vyjměte měрку a použijte v MDI příkaz G0 X0 a zkontrolujte nulové nastavení hodinkového indikátoru. Použijte editor k napsání následujícího programu:

```
F1000 (tzn. rychleji než je možné, ale Mach3 sám omezí max. rychlost)
G20 G90 (palcové a absolutní jednotky)
M98 P1234 L50 (spouštět podprogram 50x)
M30 (stop)
O1234
G1 X4
G1 X0 (rychlý přesun a návrat do nuly)
M99 (návrat z podprogramu)
```

Program nahrajte a spusťte tlačítkem *Cycle Start*. Během pohybu zkontrolujte, že pohyb "zní" hladce. Po ukončení programu byste měli na DTI přečíst samozřejmě nulu. Pokud nula není, bude patrně nutné lépe vyladit nastavení maximální rychlosti (*Velocity*) a zrychlení os.

5.5.5. Opakování konfigurace pro ostatní osy

S pečlivostí, jakou jste se věnovali konfiguraci první osy, byste nyní měli být schopni rychle opakovat postup konfigurace i pro další osy.

5.5.6. Konfigurace motoru vřetena

Pokud jsou otáčky motoru Vašeho vřetena fixní nebo je lze nastavovat pouze ručně, můžete ignorovat následující část manuálu. Pokud motor vřetena Machem3 zapínáte a vypínáte včetně kontroly směru otáčení, pak nastavení proveďte v dialogu výstupů viz. kapitola 5.3.6.2.

Pokud zamýšlíte, že Mach3 bude řídit otáčky vřetena, a to buď servopohonem, který lze ovládat signály Step/Direction, nebo PWM regulátorem otáček, pak následující kapitoly Vás detailně popíší, jak provést nastavení systému.

5.5.6.1. Rychlost motoru, vřetena a převody

Signály Step/Dir či PWM lze řídit otáčky motoru. Když obrábíte, vy i part program (příkaz **S**) se zajímáte o otáčky vřetena. Vztah mezi otáčkami motoru a vřetena je dán převodem mezi nimi, ať jde o řemenice nebo o převodovku. Používejme pro oba typy slovo "**pulley**" (z angl. *kladka, řemenice*). Pokud otáčky Vašeho motoru vřetena nelze elektronicky řídit, v nastavení převodů vyberte ten s největšími otáčkami. To zabráni Machu3 obtěžovat Vás dotazy a výstrahami, pokud v part programu nastavíte otáčky vřetena např. na S6000.

Mach3 nemůže vědět, pokud mu to vy, jako operátor, nesdělíte, jaký je aktuálně zvolen řemenový převod. Tuto informaci můžete zadat v dvou krocích. Když se konfiguruje systém (tedy přesně to, co teď děláte), můžete specifikovat až 4 možné řemenové převody (*pozn. překladatele: u verze R2.63 až 15*).

Tyto převody se nastaví dle fyzických rozměrů řemenic nebo podle převodů v převodové skříní. Pak, před spuštěním part programu, operátor určí, který převod se používá.



Obrázek 5.15 – Vřeteno s řemenovými převody - Pulleys

Řemenové převody stroje se nastavují v dialogu *Config>Port and Pins* viz. obrázek 5.6 (u verze

R2.63 je dialog přístupný v *Config>Spindle Pulleys*), kde je potřeba nastavit maximální rychlost. Tato maximální rychlost udává **rychlost otáček vřetena**, když je hnací motor na maximálních otáčkách, a to je v případě řízení Machem3 při 100% šířce signálu při použití PWM a při řízení signály Step/Dir to je hodnota rychlosti (*Max Velocity*) v dialogu *Config>Motor Tuning* pro „Spindle Axis“.

Jako příklad uveďme třeba situaci, kdy nastavíme "Pulley 1", která určuje převod mezi motorem a vřetenem 5:1. Motor má maximální otáčky 3600 ot./min. Tedy u "Pulley 1" bysme měli nastavit max. rychlost 720 (3600/5). "Pulley 4" může být zpřevodována dorychla 1:4. Pro stejný motor je maximální rychlost vřetena 14400 ot./min. U ostatních převodů by měly být převody někde mezi výše uvedenými. Tyto převody nemusí být nutně definovány se stoupající rychlostí, každopádně čísla by měla být v nějakém logickém sledu podle toho, jak je na stroji realizováno převodování.

Minimální rychlost je vyjádřena jako nějaká procentuální část rychlosti maximální a udává, samozřejmě, i minimální střihu PWM signálu. Pokud je pak part programem požadována rychlost nižší než minimální, Mach3 Vás vyzve ke změně převodu na nižší otáčky. Kupříkladu s maximální rychlostí 10000 ot./min na "Pulley 4" a minimální na 5% tzn. 500 pak při zadání příkazu S499 budete požádáni o změnu převodu. Tato vlastnost programu má zabránit používání motoru při nižších rychlostech, než jsou dovoleny výrobcem.

Mach3 používá nastavení převodů (Pulleys) následovně:

- pokud part program vykonává příkaz **S** popř. je zadávána hodnota rychlosti do DRO, pak je hodnota porovnána s maximální rychlostí aktuálně nastavené "Pulley". Pokud je hodnota vyšší, je zobrazena chyba
- jinak je pro nastavení šířky PWM regulace použit poměr maximální a požadované rychlosti, nebo v případě řízení motoru vřetena signály Step/Dir jsou generovány pulzy Step tak, aby byl zachován poměr požadované rychlosti a max. rychlosti nastavené pro motor vřetena v dialogu Motor Tuning

Výše uvedené můžeme demonstrovat na příkladu, kdy máme nastavenou max. rychlost pro vřeteno v "Pulley 1" 1000 ot./min. Příkaz S1100 by generoval chybu, S600 dává šířku pulzů PWM 60%. V případě, že máme vřeteno poháněno motorem s nastavenou max. rychlostí 3600 ot./min a řízením signály Step/Dir, pak pro příkaz S600 budou otáčky motoru 2160 ot./min (3600 x 0.6).

5.5.6.2. Regulátor otáček PWM

Pro nastavení řízení motoru vřetena metodou PWM zatrhněte tlačítko *Use Spindle Motor Output* a *PWM Control* v dialogu Config>Ports and Pins, záložka *Spindle Setup* (obrázek 5.8). Nezapomeňte potvrdit nastavení tlačítkem **Apply**. Dále definujte výstupní pin PWM v záložce *Motor Outputs* pro *Spindle Step*. Výstup z tohoto pinu musí být připojen k PWM regulátoru otáček motoru. Výstup *Spindle Direction* není nutné konfigurovat (nastavte na 0). Potvrďte změny tlačítkem **Apply**.

Dále můžete konfigurovat signály pro zapínání/vypínání motoru a rovněž nastavení směru otáčení viz. kapitola 5.3.6.2).

Přesuňte se zpět na záložku *Spindle Setup* a najděte políčko *PWMBase Freq*. Hodnota, kterou zde zadáte, definuje frekvenci obdelníkového signálu, který je následně šířkově modulován. A to je právě signál, který se objeví na výstupním pinu *Spindle Step*. Čím vyšší frekvenci zvolíte, tím rychleji bude regulátor reagovat na případné změny rychlosti, ale zároveň se snižuje rozlišení. Počet různých rychlostí je dán *Kernel Speed/PWMBase Freq*, tedy například při nastavené *Kernel Speed* 35 kHz a *PWMBase Freq* = 50 Hz pak máte k dispozici celkem 700 diskretních rychlostí. Většinou je dostatečné na většině systému s motory s maximálními otáčkami 3600 ot./min řídit otáčky s přesností 6 ot./min.

5.5.6.3. Řízení signály Step/Direction

Řízení motoru vřetena signály *Step/Direction* nastavíte zatržením tlačítek *Use Spindle Motor Output* a *Step/Dir Motor* v dialogu Config>Ports and Pins, záložka *Spindle Setup*. Opět nezapomeňte potvrdit změny tlačítkem **Apply** (Použít). Dále v záložce *Motor Outputs* přiřaďte piny na paralelním portu pro *Spindle Step* a *Spindle Direction*. Tyto signály pak musí být připojeny na řídicí elektroniku motoru vřetena.

Pokud chcete zapínat/vypínat napájení motoru při startu a zastavení vřetena příkazy M3/M5 (např. *Enable* vstup servodriveru), pak přiřaďte externí výstupy viz. kapitola 5.3.6.2. V podstatě to není potřeba, neboť při zastavení vřetena nebude Mach3 posílat žádné pulzy *Step*, přesto však v závislosti na konstrukci může být i po vypnutí nějaká disipační energie a vřeteno se nezastaví okamžitě.

Nyní zobrazte dialog *Config>Motor Tuning* a vyberte osu „*Spindle Axis*“. Jednotky pro ni jsou "jedna otáčka", proto hodnota *Step per Unit* vyjadřuje počet pulzů na jednu otáčku motoru, tedy např. 2000 pro krokový motor s nastaveným dělením kroku 10 nebo 4x CRP enkoderu u servomotoru popř. ekvivalent při nastaveném elektronické převodu v servodriveru.

V políčku *Velocity* by měl být nastaven počet otáček motoru za sekundu při maximální rychlosti tzn. např. pro motor s maximem na 3600 ot./min je hodnota 60. Servomotory s enkoderem, který má vysoké rozlišení, však není možné použít přímo díky omezení kernelovou frekvencí Machu3. Při nastavení 35 kHz pak pro enkoder s 100 CPR umožňuje pouze rychlost 87.5 ot./sec). Pro ty případy je pak nutné použít výkonný motor, jehož řídicí elektronika dovoluje elektronické převodování a tím lze uvedené omezení eliminovat.

Hodnotu zrychlení (*Acceleration*) nastavte na základě experimentování, aby se dosáhlo hladkých rozjezdů a zastavení vřetena. Pozn.: Pokud chcete nastavit velmi malou hodnotu zrychlení, učiňte tak

raději přímo zadáním z klávesnice do políčka Acceleratin než použitím posuvníku. Doba rozběhu vřetena může být i 30 vteřin.

5.5.6.4. Testování pohonu vřetena

Pokud máte tachometr nebo stroboskop, můžete přesně měřit otáčky vřetena Vašeho stroje. Pokud nejste tak dokonale vybaveni, musíte rychlost posoudit pouze vizuálně a spolehnout se na své zkušenosti.

Na obrazovce *Settings Machu3* vyberte *Pulley*, která umožňuje otáčky 900 ot./min. Nastavte řemenový převod popř. převod v převodovce tak, aby odpovídal nastavení. Na obrazovce *Program Run* zadejte požadované otáčky vřetena na 900 ot./min a vřeteno spust'íte (např. tlačítko F5). Změřte či odhadněte rychlost. Pokud neodpovídá nastavené rychlosti, budete muset zkontrolovat Vaše výpočty a nastavení.

Můžete rovněž překontrolovat rychlosti všech ostatních Pulleys stejným způsobem, pochopitelně s odpovídajícím fyzickým nastavením převodu.

5.6. Další konfigurace

5.6.1. Nastavení referencování (homing) a softwarových limitů

5.6.1.1. Rychlost a směr referencování

V dialogu *Config>Homing/Limits* lze definovat, co se bude dít, pokud je spuštěna funkce referování (příkazem G28.1 nebo tlačítkem na obrazovce). Obrázek 5.16 zobrazuje tento dialog.

Parametr *Speed %* se používá z důvodu, aby nedošlo k nárazu osy na koncové dorazy v plné rychlosti, když se najíždí



Obrázek 5.16 – Referencování - homing

na referenční čidlo. Když totiž referencujete, Mach3 nemá zdání o aktuální poloze osy. Směr, kterým se začne poloha referenčního čidla hledat, záleží na nastavení parametru *Home Neg*. Pokud je zatržen, pak se osa začne pohybovat v záporném směru osy, dokud není aktivní signál z referenčního (Home) čidla. Pokud je v okamžiku spuštění referencování referenční signál přítomen, pohybuje se v kladném směru. Obdobně při nezatrženém parametru *Home Neg* se osa pohybuje v kladném směru, dokud není aktivní referenční signál a v záporném, pokud je signál již aktivní.

5.6.1.2. Poloha referenčních snímačů

Pokud je zatržen parametr *Auto Zero*, bude v okamžiku najetí osy do referenční polohy nastavena poloha v DRO na hodnotu danou parametrem *Home Off* (může být i jiná než nulová). To může být užitečné k minimalizování času referencování u dlouhých a pomalých os.

Pokud je referenční snímač umístěn jinde než na konci osy, je samozřejmě nutné mít odděleny signály koncových a referenčních snímačů.

5.6.1.3. Nastavení softwarových limitů

Jak již bylo v tomto manuálu dříve diskutováno, implementace softwarových limitů vyžaduje kompromisy a při náhodném najetí za tyto limity je zapotřebí zásah operátora, včetně nutnosti resetu a nové referencování stroje. Softwarové limity mají za úkol chránit stroj proti nežádoucím nehodám při polohování.

Software zabrání osám polohování mimo rámec stanovený softwarovými limity pro osy X, Y i Z. Ty mohou být nastaveny v rozsahu od -999999 do +999999 jednotek pro každou osu zvlášť. Pokud se při ručním polohování přiblížíte k těmto limitům na vzdálenost menší než hodnota v parametru *Slow Zone*, dojde ke snížení rychlosti. Pokud je zóna *Slow Zone* příliš velká, snižujete tím efektivní pracovní rozsah stroje. Na druhé straně při příliš malé zóně riskujete kolizi s dorazy.

Definované limity jsou uplatňovány tehdy, pokud zapnete tlačítko *Software Limits* na obrazovce Program Run. Více podrobností viz. Limity a další ovládací prvky.

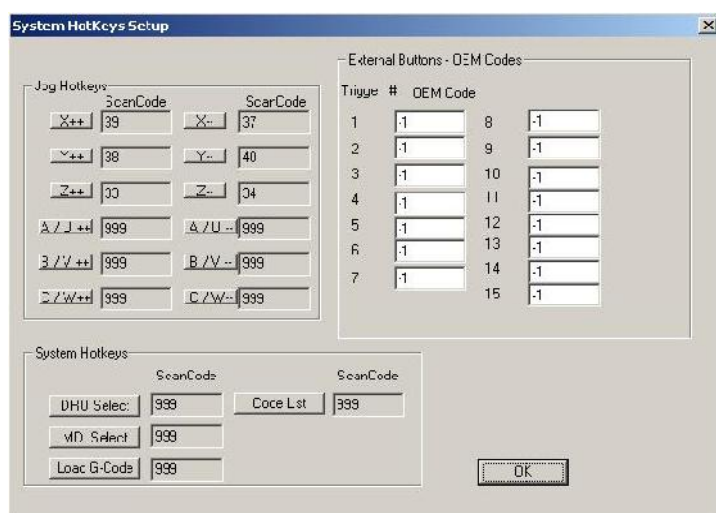
Pokud se při provádění part programu dostane osa za softwarové limity, pak je zobrazena chyba. Softwarové limity jsou rovněž využity pro zobrazení obálky (hranice) obrábění, pokud je pro obrazovku Toolpath vybrána možnost Machine. Právě díky této skutečnosti můžete softwarové limity využít, i když je kvůli jejich primárnímu účelu nepotřebujete.

5.6.1.4. G28 - referenční (home) poloha

Souřadnice G28 definují polohu v absolutních souřadnicích, do které se jednotlivé osy přesunou, pokud je vykonán příkaz G28. Jsou vyjádřeny v aktuálních jednotkách (G20/G21) a automaticky se nepřizpůsobí, pokud se změní systémové jednotky!

5.6.2. Konfigurace systémových klávesových zkratk

Mach3 implementuje sadu globálních klávesových zkratk, které mohou být použity pro ruční polohování či vkládání



Obrázek 5.17 – Konfigurace klávesových zkratk

hodnot do MDI řádky apod. Tyto klávesy lze konfigurovat s dialogu System Hotkeys viz. obrázek 5.17. Stačí kliknout na tlačítko požadované funkce a stisknout klávesu, kterou chcete k funkci přiřadit. Vybrané hodnoty tzv. scan code jsou zobrazeny. Věnujte pozornost tomu, aby se klávesy neopakovaly, protože by to mohlo způsobit vážné potíže.

Tento dialog také umožňuje nastavení kódů pro externí tlačítka použitá jako OEM Triggers.

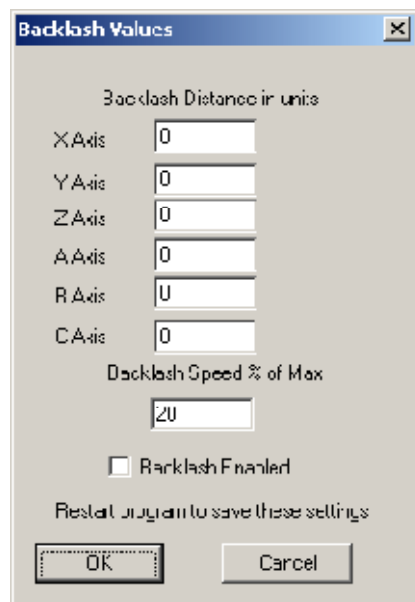
5.6.3. Konfigurace Backslash (vůlí)

Mach3 podporuje rovněž funkci kompenzace vůlí v pohybovém mechanismu os, a to metodou snahy dosáhnout požadovaných souřadnic ze shodného směru. Zatímco toto je užitečné pro aplikace jako vrtání či hloubení, u frézování to vliv vůlí na přesnost např. v pohybové matici neodstraní.

V dialogu Config>Backslash můžete nastavit pro jednotlivé osy předpokládané vzdálenosti, o které se musí osa "vrátit", aby byla vůle kompenzována. Rovněž lze zadat rychlosti těchto kompenzujících pohybů viz. obrázek 5.18.

Pozn.:

- (a) Uvedené nastavení backslash je aktivní pouze je-li zatržena volba "Backslash Enabled"
- (b) Kompenzace "backslash" je poslední možností, pokud konstrukce Vašeho stroje již nelze vylepšit. Bohužel při použití "backslash" není obecně dostupný režim "constant velocity" v rozích při obrábění!
- (c) Mach3 není schopen zcela cítit během kompenzací backslash parametry zrychlení, proto u systémů s krokovými motory musí být v dialogu Motor Tuning odpovídajícím způsobem sníženo zrychlení, aby se předešlo ztrátě kroku.

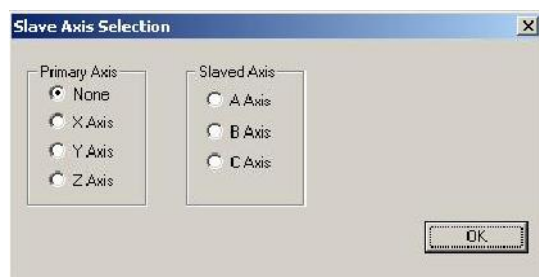


Obrázek 5.18 – Konfigurace backslash

5.6.4. Konfigurace podřízených os

Velké obráběcí stroje jako např. portálové frézy jsou často konstruovány tak, že mají dva pohony, každý na jedné straně portálu. Pokud dojde ke ztrátě kroku na jednom z pohonů, portál se začne přičít a příčná osa již nebude kolmá na podélnou osu.

V Mach3 lze v dialogu Config>Slaving konfigurovat, že jedna osa (řekněme např. X) bude osu hlavní a může si podřídit (slave) jinou osu (kupříkladu osa C může být nastavena jako lineární a podřízená ose X). Dialog nastavení viz. obrázek 5.19.



Obrázek 5.19 – Konfigurace slaving

Během obvyklého provozu Mach3 posílá identický počet pulzů hlavní i podřízené ose, a to na základě nastavení rychlosti a zrychlení "pomalejší" z nich.

Během referencování (homing) se opět pohybují spolu, dokud jedna z os nesepe ne referenční snímač. U této osy se odjede od snímače jako při běžném referencování, druhá osa však pokračuje, dokud nedosáhne svého referenčního snímače. Následně i ona sjede ze signálu. Pak jsou obě osy zreferencovány a při správném nastavení poloh ref. snímačů by mělo být eliminováno případné přičení portálu.

Ačkoliv Mach3 hlavní i podřízené ose posílá stejné řídicí signály Step/Dir, DRO podřízené osy bude zobrazovat polohu bez případných offsetů nástroje podle Tool table, offsetů fixture apod. Údaje DRO mohou být z tohoto důvodu matoucí, a proto Vám doporučujeme použít editor obrazovek a DRO podřízené osy odstranit, vyjma obrazovky *Diagnostics*. Pozměněnou obrazovku uložte jako jiný soubor a ten pak v menu View>Load Screen nahrajte jako nový set obrazovek Machu3.

5.6.5. Nastavení zobrazení trajektorie nástroje

V dialogu Config>Toolpath můžete upravit vizuální vzhled zobrazení trajektorie nástroje viz. obrázek 5.20.

Pokud zatrhnete volbu *Origin sphere*, je zobrazen "puntík" v bodě X=0, Y=0 a Z=0.

3D Compass - po zatržení jsou zobrazeny šipky znázorňující směr kladných os X, Y a Z.

Machine Boundaries - je zobrazena oblast odpovídající nastavení softwarových limitů (ať jsou či nejsou aktivovány)

Tool Position - zobrazuje na displeji aktuální polohu nástroje

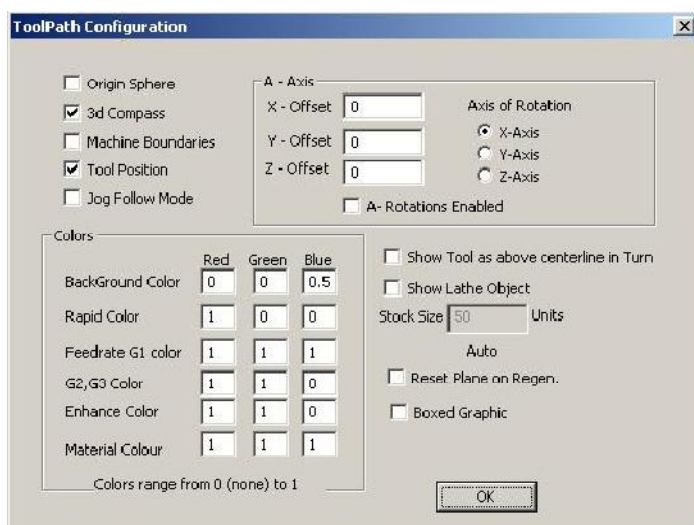
Jog Follow Mode - čáry a křivky reprezentující trajektorii nástroje se během polohování pohybují relativně k displeji. Jinými slovy poloha nástroje je zafixována.

Show Tool in Z Bar (pouze u verze R2.63) - v pravé části displeje je zobrazena Z-ová poloha nástroje.

Show Tool as above centerline in Turn - vztahuje se pouze k profilu Mach3Turn (pro přední a zadní podepření nástroje)

Show Lathe Object - zobrazí rendrovaný tvar obrobku vytvořený dle trajektorie nástroje (pouze pro profil Mach3Turn)

Rovněž lze nastavit barvy jednotlivých prvků displeje. Jas každé ze tří základních barev (Red Blue Green) nastavujte v rozsahu 0 až 1. **Pozn.:** Můžete použít nějaký grafický program jako např. Photoshop



Obrázek 5.19 – Konfigurace zobrazení trajektorie nástroje

k výběru požadované barvy. Tam jsou barvy nejčastěji definovány v rozsahu 0 až 255, proto hodnoty jednotlivých složek vydělte hodnotou 255, čímž získáte hodnoty vhodné pro zadání barev displeje.

Hodnotami v rámci *A-axis* můžete definovat polohu a orientaci osy A, pokud je definována jako rotační a je zatržena volba *A-Rotations Enabled*.

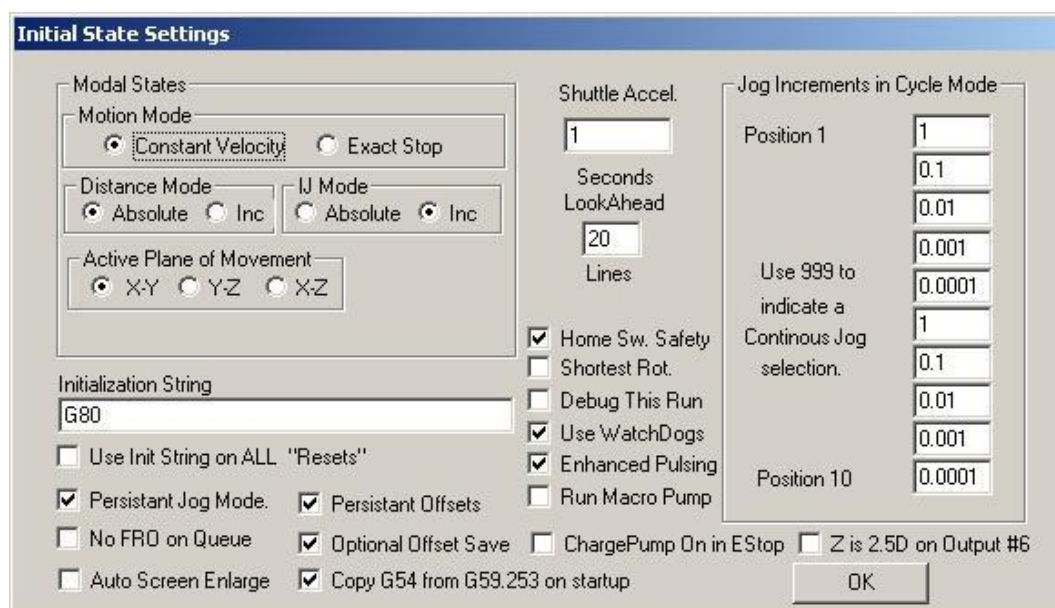
Reset Plane on Regen - přepíná zobrazení displeje na aktuální obráběcí rovinu, kdykoliv se regeneruje (např. poklepnutím myši či tlačítkem).

Boxed Graphic - zobrazí ohraničení pohybu nástroje.

5.6.6. Konfigurace výchozího stavu

Pozn. překladatele: Pro verzi Mach3 R2.63 lze následující dvě kapitoly sloučit do sebe, neboť všechna popisovaná nastavení jsou zobrazena v jediném dialogu Config>General Config.

Dialog *Config>State opens* slouží uživateli, aby definoval režimy, které jsou automaticky aktivní při spuštění Machu3, tedy výchozí stav systému. Dialog je zobrazen na obrázku 5.21



Obrázek 5.20 – Konfigurace výchozího stavu systému

Motion Mode - režim polohování - vyberte jednu z možností *Constant Velocity* (nastaví G64) či *Exact Stop* (nastaví G61). Pro podrobnosti ohledně uvedených dvou režimů nalistujte kapitolu 10 popř. přílohu.

Distance mode - režim odměřování - *Absolute* (nastaví G90) či *Inc* (inkrementální, nastaví G91)

Active plane - aktivní rovina - X-Y nastavuje G17, Y-Z nastavuje G19 a X-Z nastavuje G18

I/J Mode - jako přídavnou funkci lze aktivovat rozdílnou interpretaci hodnot I a J při pohybech po obloucích. Tato funkce dovoluje zajistit kompatibilitu s různými CAM postprocesory popř. emulovat jiné CNC. V režimu *Inc* jsou hodnoty I a J (střed kružnice) interpretovány relativně k počátečnímu bodu oblouku. Toto je kompatibilní s NIST EMC. Pro režim *Absolute* představují souřadnice I a J absolutní polohu středu kružnice vzhledem k aktuálnímu souřadnému systému, tedy po aplikaci všech offsetů).

Pokud se na displeji nezobrazují kružnice nebo se nefrézují (obzvláště pokud jsou umístěny dále od počátku), pak patrně nastavený režim IJ není kompatibilní s Vaším partprogramem (CAM postprocesorem).

Chyba v nastavení právě režimu IJ je velmi frekventovaná u uživatelů Machu3.

Initialization String - inicializační řetězec - sada platných G-kódů, kterými se nastaví další požadované výchozí parametry při spuštění Machu3. Zadané příkazy jsou uskutečněny až následně po všech výše uvedených parametrech, tudíž výše nastavené může být přepsáno. Proto raději používejte pro nastavení odpovídající tlačítka a do inicializačního řetězce zadávejte pouze parametry, které nejsou v dialogu nabízeny. Pokud je zatrženo *Use Init on ALL "Resets"* pak všechny zadané G-kódy budou uskutečněny vždy po resetování Machu3 tzn. i po stavu EStop.

Další volby:

Persistent Jog Mode - trvalý režim ručního polohování - Mach3 si bude pamatovat Vámi vybrané nastavení režimu polohování i po vypnutí programu

Persistent Offsets - budou ukládány offsety pracovní i nástrojů, které jste zvolili. Viz. také Optional Offset Save.

Optional Offset Save - v případě zatržení, a pokud je zatržena předchozí volba, budete dotázáni, zda-li si přejete offsety ukládat.

Copy G54 from G59.253 on startup - při zatržení této volby budou při spuštění Machu3 přeinicializovány hodnoty G54 offsetu (tzn. pracovní offset 1) hodnotami z tabulky pracovních offsetů č. 253. Zatrhněte, pokud chcete vždy nastavit při spuštění stroje G54 na fixní souřadný systém tedy souřadnice stroje. To pro případ, že operátor používající stroj před Vámi pozměnil a uložil nestandardní sadu offsetů. Další rozvaha nad tímto nastavením je uvedena v kapitole 7.

No FRO on Queue - zpozdí aktivování Feed Rate Override do té doby, než jsou zpracovány všechny příkazy čekající ve frontě. Někdy je nutné zabránit překročení dovolených parametrů rychlostí a zrychlení, když se zvyšuje FRO (Feed Rate Override) nad 100%.

Home Sw Safety - zabráni polohování os během referencování, pokud je aktivní signál z referenčního snímače. Tato volba zabráni mechanickému poškození stroje, u kterého jsou sdílené signály z obou koncových čidel s referenčním.

Shortest Rot - při zatržení pro všechny rotační osy platí, že polohování se provádí po nejkratší cestě (program rozhodne, kterým směrem otáčení je do koncové polohy blíže). *Pro verzi R2.63 je odpovídající volba Ang Short Rot on G0, což je mnohem názornější, neboť uvedená funkce je aktivní pouze při rapid přesunech.*

Debug this run - aktivuje se extra diagnostika pro vývojáře. Při softwarové podpoře Vás ArtSoft může vyzvat k použití této volby.

Use Watchdogs - použijte tuto volbu, pokud se Vám zdá, že externí tlačítka či EStop nefungují dobře. Pokud dochází k falešným EStopům na pomalejších počítačích při spouštění Wizardů, volbu nezatrhávejte!

Enhanced Pulsing - zajišťuje nejlepší přesnost generování pulzů (a hladší chod motorů), ovšem na úkor většího zatížení procesoru. Obecně byste tuto možnost měli zatrhnout.

Run Macropump - při startu Mach3 kontroluje v adresáři maker přítomnost makra MacroPump.mls. Pokud je nalezeno, bude spouštěno každých 200 milisekund.

Auto Screen Enlarge - Mach3 zvětší všechny obrazovky včetně objektů na nich na plochu obrazovky. Pokud má obrazovka menší velikost než aktuálně používané rozlišení, vyplní se zbylá plocha barvou pozadí.

Charge pump On in EStop - pokud je detekován EStop, je udržována na výstupu(ech) paralelního portu funkce ChargePump. To je požadováno některými oddělovacími deskami.

Z is 2.5D on Output #6 - ovládá výstup Output #6 v závislosti na aktuální poloze Z v souřadném systému programu. Pokud je $Z > 0.0$, pak je výstup aktivní. Musíte však mít osu Z konfigurovanou, aby bylo možné použití uvedené funkce, nicméně výstupy Step/Dir mohou být zadány na neexistující piny, např. Pin 0, Port 0.

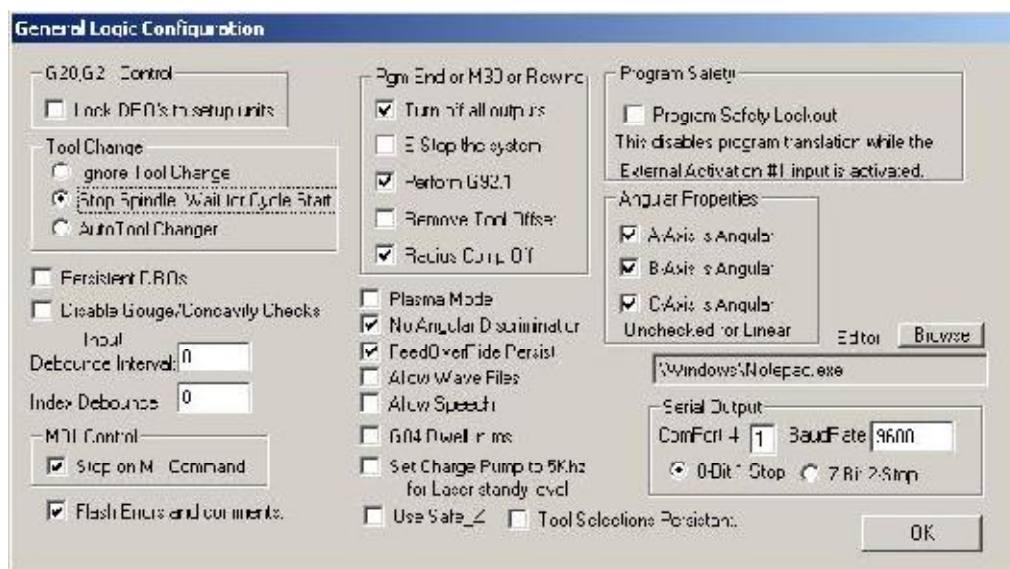
Shuttle Accel - zadaná hodnota řídí citlivost Machu3 k signálům z MPG (Manual Pulse Generator), pokud je použito k ovládání zpracování G-kódu

Lookahead - definuje počet řádků G-kódu, které může interpreter načítat do vyrovnávací paměti pro zpracování. Tato hodnota normálně nevyžaduje žádné "vyladování".

Jog Increments in Cycle Mode - při klikání na tlačítko *Cycle Jog Step* jsou cyklicky používány zadané hodnoty pro nastavování kroku při ručním polohování. To je často výhodnější než zadávání kroku z klávesnice do DRO Step. Speciální kód s hodnotou 999 přepíná režim *Cont Jog Mode*.

5.6.7. Konfigurace dalších vlastností

Následuje popis funkcí v dialogu Config>Logic dialog viz. obrázek 5.22.



Obrázek 5.21 – Konfigurace dalších vlastností

G20/G21 Control - volba *Lock DROs to setup units* - zatržením této volby nezávisle na nastavení jednotek příkazy G20 a G21, zobrazují DRO jednotlivých os polohu v jednotkách, které jsou nastaveny jako systémové viz. kapitola 5.4.

Tool change - výměna nástroje - příkaz M6 pro výměnu nástroje lze ignorovat (vyberte *Ignore Tool Change*) nebo místo výměny spouštět M6 makra (zatržením volby *Autotool changer*). Pokud je *Autotool changer* zvolena, jsou spouštěny makra M6Start/M6Stop, nicméně v žádné z částí není potřeba použít tlačítko Cycle Start.

U verze R2.63 je navíc ještě volba režimu *Stop Spindle, Wait for Cycle Start* - při požadavku na výměnu nástroje dojde k zastavení vřetena a zpracování programu pokračuje až po stisknutí tlačítka Start.

Angular Properties - úhlové vlastnosti, zvolte rotační osy, u kterých se poté automaticky mění jednotky na uhlové (stupně). Doplňme, že příkazy G20/G21 nejsou úhlové jednotky dotčeny - vždy stupně.

Program end or M30 or Rewind

Určuje chování Machu3 po ukončení programu, po rewind programu (kurzor zpracování part programu se nastaví na začátek - z angl. převinutí programu). Vyberte požadované funkce. **Upozornění:** Před zvolením možnosti *Remove offsets* a *Perform G92.1* byste měli absolutně rozumět tomu, jak tyto funkce pracují, nebo následně zjistíte, že aktuální poloha na konci programu je velmi odlišná od očekávané.

Debounce interval/Index Debounce - udává počet pulzů kernelu Machu3, po které musí být signál stabilní, aby byla jeho úroveň považována za platnou. Pro všechny vstupy platí jedna hodnota s výjimkou vstupu Index, který má svoji vlastní hodnotu (*pro R2.63 se uvedené hodnoty nevztahují ke kernelové rychlosti, ale fixně jsou násobkem 40 mikrosekund*).

Program Safety Lockout - při zatržení je aktivováno přerušení programu vstupem Input #1. Možnost připojení okruhu snímačů uzavřených krytů.

Editor - jméno spustitelného souboru (např. C:\windows\notepad.exe), který bude použit pro editaci G-kódu při kliknutí na tlačítko Edit G-code. Použijte tlačítko "Browse" k vyhledání cesty k programu editoru.

Serial output - určeno pro specifikaci použitého sériového portu (COM) a přenosové rychlosti (BaudRate) pro výstup. Tento port může být použit např. v uživatelských VB skriptech v makrech a může být rovněž využit pro připojení zvláštního vybavení jako LCD displeje, zařízení pro automatickou výměnu nástroje, automatických upínek či dopravníku třísek apod.

Persistent DROs - pokud je volba zatržena, hodnoty v DRO všech os budou mít po spuštění stejnou hodnotu jako při předchozím vypnutí. Berte v potaz, že fyzická poloha os je pak nevhodně uchována, pokud vypnete stroj, obzvláště pokud se používají drivery s dělením kroku.

Disable Gouge/Concavity checks - pokud není volba aktivována, při nastavené kompenzaci nástroje (G41 a G42) bude mach3 kontrolovat, zdali není průměr nástroje příliš velký, aby bylo možné obrábět vnitřní rohy bez podřezávání. Zatržením nebude zobrazeno varování.

Plasma Mode - aktivuje zvláštní režim implementace "constant velocity" charakteristický pro pálení plasmou (omezený vypalování materiálu při nízké rychlosti posuvu řezání)

No Angular Discrimination - tato možnost se vztahuje k režimu "constant velocity". Pokud volba není zvolena, Mach3 při změně směru o úhel větší než úhel daný hodnotou v DRO *CV Angular Limit*, přepne se automaticky režim *Exact Stop* (i když je zapnut režim "constant velocity"), čímž se zabrání příliš velkému zaoblení ostrých rohů. Podrobné detaily týkající se nastavení a funkce režimu "Constant Velocity" jsou uvedeny v kapitole 10 popř. v příloze.

FeedOverride Persist - pokud je volba zatržena, nastavená hodnota Feed Override zůstane nezměněna i po ukončení běhu part programu.

Allow Wave files - umožňuje Machu3 přehrávat zvukové soubory *.wav

Allow Speech - umožňuje Machu3 použít modul operačního systému Microsoft Speech Agent pro hlášení systémových zpráv. Otevřete si v Ovládacích panelech nastavení modulu Speech, kde lze konfigurovat používaný hlas, rychlost mluvení apod.

G04 Dwell param in Milliseconds - pokud je zatrženo, příkaz G4 5000 způsobí prodlevu 5 vteřin při zpracování partprogramu. Pokud volba zatržena není, pak je hodnota uvedena v sekundách tzn. pro náš případ bude prodleva dlouhá 1 hodinu 23 minut a 20 vteřin!

Set charge pump to 5 kHz for laser StandBy - modifikuje frekvenci výstupu Charge Pump z 12,5 na 5 kHz (pouze pro zajištění kompatibility s některými zařízeními).

Use Safe_Z - aktivuje funkci Safe Z.

***Poznámka:** Pokud používáte stroj bez referencování souřadného systému (homing), nezatrhávejte tuto volbu, neboť bez referencování je souřadný systém stroje libovolný a hrozí mechanická kolize a poškození stroje.*

Tool Selections Persistent - program si i po vypnutí pamatuje poslední vybraný nástroj.

6. Ovládání Machu3 a spouštění part-programu

Tato část vysvětluje ovládací prvky obrazovek Machu3 určených k nastavení stroje a vlastnímu ovládání při obrábění. Je určena především operátorům a programátorům part programů, kteří chtějí zkoušet své programy pod Machem3.

6.1. Úvodem

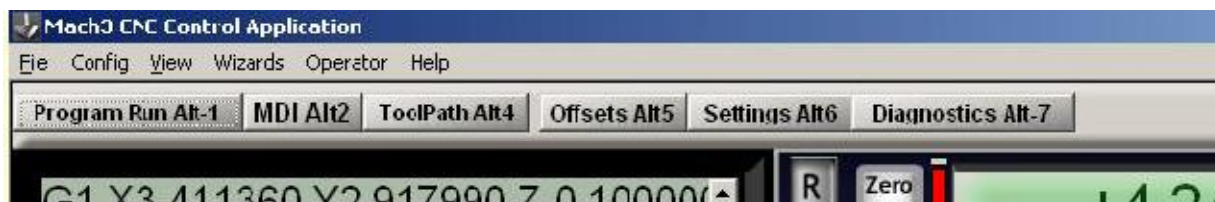
Tato část postihuje velké množství detailů. Můžete přeskocit na část 6.2 a zhlédnout odstavce pro vkládání a editování part programů. Poté se teprve můžete vrátit k detailnímu popisu všech ovládacích prvků.

6.2. Jak jsou vysvětleny ovládací prvky

Ačkoliv na první pohled se můžete cítit zaskočení rozsahem možností a zobrazených údajů v Machu3, vše je uskupeno do několika málo logických skupin. Dále jim budeme říkat Rodiny ovládacích prvků. K vysvětlení slova ovládací prvek - zahrnuje jak tlačítka a k nim přiřazené klávesové zkratky určené k ovládání Machu3, tak i prvky zobrazující informace jako DRO (Digital Read Outs), popisky a LED indikátory.

Prvky každé rodiny jsou v následující kapitole popsány. Jednotlivé rodiny prvků jsou vysvětleny v pořadí důležitosti pro většinu uživatelů

Avšak můžete si povšimnout, že obrazovky Machu3 **neobsahují** všechny popisované prvky rodin. To je z důvodu zlepšení čitelnosti jednotlivých obrazovek popř. k zamezení náhodných změn při obrábění součástek ve výrobním prostředí.



Obrázek 6.1 – Prvky pro přepínání obrazovek

Je k dispozici program Screen Designer, kterým lze upravovat ovládací prvky jednotlivých obrazovek. Můžete modifikovat popř. navrhovat obrazovky od začátku, lze přidávat jakékoliv ovládací prvky na jednotlivé obrazovky, pokud je to požadováno charakterem použití Machu3. Pro bližší informace nahlédněte do příručky *Mach3 Customisation wiki*.

6.2.1. Prvky přepínání obrazovek

Tento druh ovládacích prvků se objevuje na každé obrazovce. Umožňují přepínání mezi jednotlivými obrazovkami a rovněž zobrazují informaci o aktuálním stavu systému.

6.2.1.1. Reset tlačítko

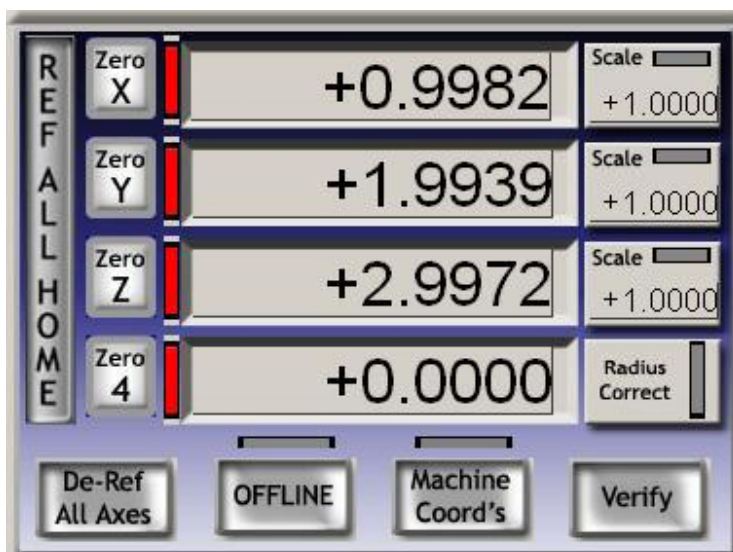
Jedná se o přepínací tlačítko. Pokud je systém resetován, okraj tlačítka svítí stabilně zeleně, pokud je aktivována funkce Charge pump, na přiřazeném výstupu jsou generovány odpovídající pulzy a zvolené výstupy Enable jsou aktivní.

6.2.1.2. Popisky

"Inteligentní popisky" zobrazují poslední chybová hlášení, aktuální režimy, název právě otevřeného part programu či název aktuálního profilu.

6.2.1.3. Tlačítka výběru obrazovek

Tato tlačítka přepínají jednotlivé obrazovky Machu3. Klávesové zkratky jsou odvozeny dle názvů obrazovek. Pro jednoznačnost jsou všechna písmena uvedena jako velká, avšak v případě klávesových zkratk není třeba použít klávesu Shift.



Obrázek 6.2 – Rodina prvků pro ovládání os

6.2.2. Rodina ovládání os

Všechny ovládací prvky této rodiny jsou zaměřeny na aktuální polohu nástroje resp. přesněji na řízený bod.

Osy mají následující ovládací prvky:

6.2.2.1. Hodnoty souřadnic DRO

Hodnoty všech souřadnic jsou zobrazeny v aktuálních jednotkách (G20/G21), pokud ovšem není aktivována funkce zobrazování pouze v implicitních jednotkách. Hodnota reprezentuje souřadnici řízeného bodu v zobrazeném souřadném systému. Ten je obecně dán aktuálním pracovním offsetem (na počátku 1 tzn. G54) současně s offsety G92. Souřadný systém lze však přepnout na absolutní souřadnice stroje.

Do jednotlivých DRO lze zapsat jakoukoliv hodnotu. Tím se pozmění aktuální hodnota pracovního offsetu tak, aby vzhledem k aktuální poloze nástroje nově zadaná hodnota odpovídala. Doporučujeme takto zadávat pracovní offsety až v okamžiku, kdy již máte praxi a rozumíte práci se souřadnými systémy stroje.

6.2.2.2. "Zreferováno"

LED indikátor je zelený, pokud byla příslušná osa zreferována (tedy je známá její poloha).

Všechny osy mohou být zreferovány kliknutím na tlačítko *Ref All*. Individuálně lze referovat osy na obrazovce *Diagnostics*.

- Pokud není pro osu definován žádný referenční snímač, nebude se osa při referování stroje pohybovat. Pokud však je zatržena volba *Auto Zero* v dialogu *Config>Homing & Limits*, pak bude absolutní souřadnice stroje nastavena pro aktuální polohu osy na hodnotu zadanou v sloupci *Home Off*. Tato hodnota je většinou nulová.
- Pokud je pro osu definován referenční snímač, jehož signál není v okamžiku spuštění referování aktivní, pak se začne osa pohybovat definovaným směrem (v dialogu *Config>Homing & Limits*), dokud nebude signál aktivní. Poté dojde k malému zpětnému pohybu - zastavení na sestupnou hranu signálu čidla.
Pokud je v okamžiku spuštění referencování již signál ze snímače aktivní, pak dojde pouze ke zpětnému pohybu do polohy, kdy signál je již neaktivní. Pokud je zatrženo *Auto Zero*, pak bude absolutní souřadnice stroje nastavena pro aktuální polohu osy na hodnotu zadanou v sloupci *Home Off*.

Tlačítko *De-Ref All* slouží k přerušení probíhající sekvence referencování.

6.2.2.3. Souřadnice stroje

Tlačítkem *MachineCoords* lze přepínat mezi zobrazením aktuálních souřadnic v absolutním souř. systému stroje nebo v nastaveném pracovním systému. LED indikátor varuje, pokud je zapnuté zobrazení absolutních souřadnic stroje.

6.2.2.4. Měřítka

Měřítkové faktory všech os mohou být nastaveny kódem G51 a zrušeny kódem G50. Pokud je nastaven měřítkový faktor (jiný než 1.0), je aplikován na souřadnice, které se objeví v G-kódu (tzn. slova X, slova Y atd.). Scale LED indikátor bude blikat jako připomenutí toho, že je pro danou osu nastaven jiný měřítkový faktor než 1.0. Hodnota zadaná kódem G51 se zobrazí v Scale DRO a může být rovněž přímo v DRO nastavena. Záporné hodnoty měřítkového faktoru způsobí zrcadlení souřadnic relevantní osy.

6.2.2.5. Softwarové limity

Tlačítko *Softlimits* aktivuje softwarové limity nastavené v dialogu *Config>Homing & Limits*.

6.2.2.6. Kontrola (Verify)

Tlačítko *Verify*, které je dostupné pouze pokud jsou definovány referenční snímače, provede kontrolu polohy os, zda-li nedošlo během obrábění ke ztrátě kroků.

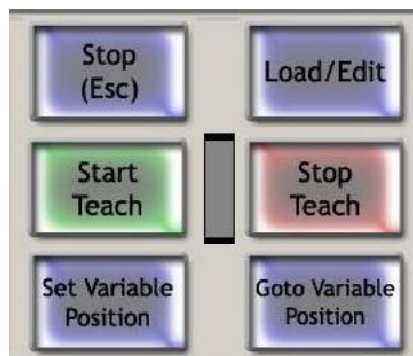
6.2.2.7. Korekce průměru/poloměru

Rotační osy mohou mít definovanu přibližnou velikost obrobku ovládacími prvky *Rotational Diameter*. Tato velikost je používána pro přibližný výpočet posuvů během koordinovaného polohování os včetně těch rotačních. LEDka indikuje, že je zadána nenulová hodnota.

6.2.3. Ovládací prvky polohování

Na různých obrazovkách je množství tlačítek navržených pro usnadnění pohybu nástroje (řízeného bodu) do jednotlivých poloh (např. pro výměnu nástroje). Mezi tato tlačítka patří: *Goto Zs* (přesun všech os do nulové polohy), *Goto Tool Change* (výměna nástroje), *Goto Safe Z* (odjetí osou Z na bezpečnou výšku), *Goto Home* (pohyb os do Home pozice).

Navíc Mach3 si pamatuje na dvě různé sady souřadnic a dle požadavku je do těchto poloh možné najet. Tato funkce je řízena tlačítky *Set Reference Point* a *Goto Ref Point* (1 sada) a *Set Variable Position* a *Goto Variable Position* (druhá sada).

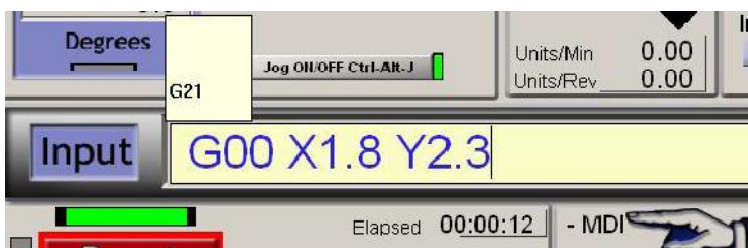


Obrázek 6.3 – Paměť řízeného bodu/Teach ovládací prvky

6.2.4. Ovládací prvky MDI a Teach

Řádky G-kódu (bloky) mohou být vkládány, pro okamžité zpracování, do řádky MDI (Manual Data Input). Tu vyberete pouhým kliknutím na ni nebo s použitím horké klávesy (ENTER je výchozí nastavení).

Pokud je řádka MDI aktivní, změní se její barva a je zobrazeno plovoucí



Obrázek 6.4 – Řádka MDI

okno se zobrazením několika posledních zadaných bloků. Kurzorovými šipkami UP nebo DOWN můžete z tohoto seznamu vybrat a použít blok napsaný již dříve. Klávesa ENTER dá povel Machu3 k okamžitému zpracování zadaného bloku G-kódu v MDI řádce, přičemž ta zůstane aktivní pro zadání dalšího příkazu. Klávesou ESC vymažete zadaný text popř. MDI řádku deaktivujete. Mějte na mysli, že pokud je MDI řádka aktivní, všechny stisknuté klávesy (včetně klávesy z emulátoru klávesnice) jsou zaspány do MDI řádky a nelze je proto použít pro ovládání Machu3. V podstatě klávesy pro ruční polohování (jogging) nejsou rozpoznány, dokud nestisknete klávesu ESC pro opuštění režimu MDI.

Mach3 si může zapamatovat všechny bloky zadané s použitím MDI řádky a uložit je do souboru s využitím schopnosti **Teach** (učení). Klikněte na tlačítko *Start Teach*, zadejte všechny požadované bloky v MDI řádce a poté stiskněte *Stop Teach* tlačítko. Aktivní režim TEACH signalizuje blikající LEDka. Zadané příkazy jsou zapsány do souboru s názvem c:\Mach3\GCode\MDITeach.tap. Kliknutím na tlačítko *Load/Edit* lze nahrát tento soubor do Machu3, kde ho lze následně spouštět popř. upravovat

běžným způsobem. Je potřeba se přepnout do obrazovky "Program Run", kde lze program prohlížet. Pokud chcete uchovat sekvenci "naučených" bloků, budete muset editovat soubor a použít příkaz *Uložit jako* a uložit soubor pod Vámi zadaným názvem na disk.

6.2.5. Ovládací prvky ručního polohování

Ovládací prvky pro ruční polohování jsou umístěny na zvláštní plovoucí obrazovce, kterou lze aktivovat klávesou *TAB*. Dalším stisknutím klávesy *TAB* se opět skryje.

Plovoucí okno ručního ovládání viz. obr. 6.6.

Kdykoliv je na libovolné obrazovce MACHu3 zobrazeno tlačítko *Jog ON/OFF*, pak lze osami ručně polohovat s použitím

- (a) Polohovacích kláves včetně MPG (Manual Pulse Generator) připojeného přes emulátor klávesnice. Polohovací klávesy lze konfigurovat v dialogu Config>System Hotkeys.
- (b) MPG ruční kolo(a), které má enkoder připojen na paralelní port popř. Modbus zařízení.
- (c) Joystikem přes rozhraní USB (Windows Compatible analog joystick)

Pokud tlačítko *Jog ON/OFF* není zobrazeno nebo je přepnuto do polohy OFF, pak ruční polohování není možné, a to především z bezpečnostních důvodů.



Obrázek 6.6 – Ruční polohování

6.2.5.1. Ruční polohování klávesami

Pro ruční polohování nabízí MACH3 celkem 3 režimy. *Continuous* (spojitý), *Step* (krokový) a *MPG*, které se vybírají tlačítkem *Jog Mode* a aktivní režim je indikován LEDkou.

V režimu *Continuous* se pohybuje osa nebo osy rychlostí nastavenou hodnotou *Slow Jog Rate* během celé doby, kdy je stisknuta klávesa.

Polohovací rychlost v režimu *Continuous* je definována jako procentuální část z maximální nastavené rychlosti (rapid traverse) hodnotou v *Slow Percentage DRO*. Tuto hodnotu lze zadat v rozsahu 0.1% až 100% jednoduše zapsáním do DRO. S využitím tlačítek +/- lze hodnotu měnit po krocích 5%.

Nastavenou polohovací rychlost lze překročit při současném stisku klávesy *Shift* a příslušné jogging klávesy (pak se osa pohybuje maximální rychlostí). LEDka hned vedle LEDky pro režim *Continuous* signalizuje, že je aktivováno polohování max. rychlostí.

V režimu *Step* je jednotlivé osy pohybují v definovaných krocích (dáno hodnotou v *Jog Increment* DRO) pro každé stisknutí klávesy. Pro tento typ polohování je použita **aktuálně** nastavená rychlost (slovem F).

Velikost kroku může být zadána buď přímo v DRO nebo je možné cyklicky vybírat z 10-ti uživatelem definovaných velikostí kroků, a to tlačítkem *Cycle Jog Step*. Inkrementální režim se aktivuje přepínacím tlačítkem nebo pokud je aktivní režim *Continuous*, lze dočasně zapnout režim *Step* současným stiskem klávesy *Ctrl* a polohovací klávesy.

6.2.5.2. Polohování s použitím MPG

Přes paralelní port popř. ModBus lze připojit až tři enkodery jako tzv. MPG (Manual Pulse Generator), které po zapnutí režimu *MPG Jog Mode*- tlačítko *Jog Mode* - lze využít k ručnímu polohování.

Osa, kterou příslušné MPG polohuje, je indikována LEDkou. Pro MPG1 lze zvolit i více os, přičemž klávesou Alt+A lze mezi těmito osami přepínat. Obdobně pro MPG2 přepínejte klávesou Alt+B a pro MPG3 klávesou Alt+C.

Přes grafické znázornění ručního kolečka MPG je zobrazena sada tlačítek, které slouží pro výběr režimu MPG.

V režimu *MPG Velocity* je rychlost polohování vybrané osy úměrná rychlosti otáčení kolečka MPG. Samozřejmě, že Mach3 hlídá, že nedojde k překročení max. nastavené rychlosti a zrychlení pro danou osu. Tento režim dává během polohování velmi přirozené pohyby. Režim *MPG Step/Velocity* se v současné verzi chová identicky jako režim *MPG Velocity*.

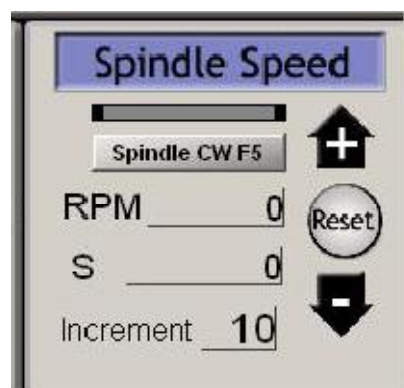
V režimu *Single Step* na každé "tlačnutí" kolečkem dojde k posunu osy o nastavenou vzdálenost (obdobně jako u klávesového režimu, kdy lze vybírat z 10-ti přednastavených hodnot kroku). Nutno předeslat, že se učiní pouze jeden krok v daný okamžik. Jinými slovy pokud se osa ještě pohybuje a dokončuje nastavený krok, jakékoliv další "tlačnutí" kolečkem je ignorováno. Naopak v režimu *Multi-step* jsou všechny pohyby kolečkem počítány a postupně vykonávány. Proto je nutné si uvědomit, že pro nastavené velké kroky se po rychlém otočení kolečkem osa pohybuje ještě nějakou dobu po dotočení kolečka, neboť jednotlivé kroky jsou prováděny rychlostí danou hodnotou v *MPG Feedrate* DRO.

Tyto krokové režimy jsou určeny především pro velmi jemné nastavení polohy při ustavování souřadného systému obrobku. Doporučujeme, aby se vždy začínalo v režimu *Velocity*.

6.2.5.3. Ovládání rychlosti vřetena

V závislosti na konstrukci Vašeho stroje může být vřeteno ovládáno třemi způsoby:

- Rychlost je fixní popř. ji lze ručně nastavit, zapínání a vypínání vřetena je rovněž ruční
- Rychlost je fixní popř. ručně nastavitelná, zapínání a vypínání se provádí M-kódy přes externí výstupy
- Rychlost je řízena Machem3, a to buď s využitím PWM popř. signály Step/Direction.



Obrázek 6.7 – Ovládání rychlosti vřetena

Skupina ovládacích prvků pro nastavení rychlosti vřetena je relevantní pouze pro případ (c).

S DRO obsahuje hodnotu nastavenou slovem S v part-programu. To je požadovaná rychlost otáčení vřetena. Je možné rychlost také změnit přímým zápisem hodnoty do DRO.

Mach3 Vám nedovolí zadat hodnotu rychlosti nižší, než je nastavena hodnota *Min Speed*, a ani vyšší než hodnota *Max speed* pro aktuálně vybraný "řemenový" převod - pulley.

Pokud je konfigurován vstup *Index* a je k němu připojen snímač, který generuje jeden pulz na jednu otáčku vřetena, pak je v DRO *RPM* zobrazena aktuální rychlost otáčení vřetena. Hodnotu RPM nelze ručně měnit, použijte DRO S pro nastavení požadované rychlosti.

6.2.6. Prvky pro ovládání posuvů

6.2.6.1. Posuv v jednotkách za minutu

DRO *Prog Feed* udává velikost posuvů v aktuálních jednotkách (mm/palce) za minutu. Tuto hodnotu lze nastavit slovem F v part-programu nebo ji přímo z klávesnice zadat do tohoto DRO. Mach3 se snaží udržovat takto nastavenou rychlost posuvu při koordinovaném polohování nástroje během obrábění. Pokud nastavená výše posuvu není možná z důvodu maximální dovolené rychlosti některé z os, pak aktuální polohovací rychlost bude ta nejvyšší dosažitelná, nicméně menší než nastavená.

6.2.6.2. Posuv v jednotkách na otáčku vřetena

Vzhledem k tomu, že parametry moderních fréz jsou často udávány jako přípustná tloušťka třísky, jeví se vhodnější definovat posuv jednotkami na otáčku vřetene = posuv na jeden břit nástroje x počet břítů nástroje. DRO *Prog Feed* pak udává posuv v aktuálních jednotkách (mm/palce) na otáčku vřetena. Rychlost posuvu lze nastavit buď slovem F v part-programu nebo přímým zadáním hodnoty do DRO.

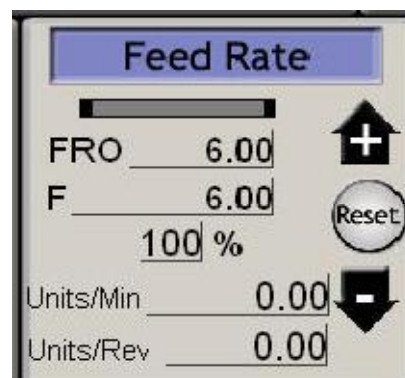
Rychlost otáčení vřetena pak může být definována v S DRO popř. přímo měřena na základě pulzů generovaných snímačem otáček vřetena. V dialogu Config>Logic je zatrhávací tlačítko, kterým upřesníte Machu3, kterou hodnotu má používat.

Aby mohl Mach3 používat posuvy jednotky/otáčku, musí znát hodnotu otáček vřetena, a ta musí být buď za (a) dána slovem S popř. zadána do S DRO, nebo (b) vstup Index musí být připojen na čidlo snímající otáčení vřetena.

Mějte na paměti, že numerické hodnoty aktuálních posuvů budou velmi rozdílné, pokud není nastavena rychlost vřetena kolem 1 rpm. Takže použití part-programů s definovanými posuvy v jednotkách za minutu, ovšem v režimu jednotky na otáčku, pravděpodobně způsobí katastrofické naboření.

6.2.6.3. Displej posuvů

Aktuální posuv operací pro koordinovaný pohyb všech os je zobrazen v *Units/min* a *Units/rev*. Pokud není zadána rychlost vřetena a rychlost vřetena není měřena, pak hodnota *Feed per rev* bude nesmyslná.



Obrázek 6.7 – Ovládání rychlosti posuvů

6.2.6.4. Feed override

Pokud není aktivní M49 (Disable Feedrate Override), pak lze ručně přenastavit rychlost posuvu v rozsahu 20÷299% zadáním hodnoty z klávesnice. Hodnota může být rovněž měněna (v krocích po 10%) pomocí tlačítek případně resetována na 100%. Rozsvícení LEDky varuje, že byla nastavená hodnota posuvu ručně upravena.

DRO *FRO* zobrazuje absolutní hodnotu posuvu po aplikování nastavené procentuální změny vzhledem k nastavené velikosti posuvu.

6.2.7. Ovládání běhu programu

Následující ovládací prvky řídí provádění nahraného part-programu nebo běh příkazů z MDI řádky.

6.2.7.1. Cycle Start - spuštění cyklu

Bezpečnostní varování: Berte na vědomí, že tlačítko *Cycle Start* obecně spouští vřeteno a pohyb jednotlivých os. Mělo by být vždy konfigurováno tak, aby vyžadovalo "dvouruční" ovládání a pokud definujete své vlastní klávesové zkratky, nikdy by to neměl být stisk samostatné klávesy.

6.2.7.2. FeedHold

Tlačítko *FeedHold* zastaví provádění part programu jak nejrychleji je to možné, ale řízeně, takže je možné později tlačítkem *Cycle Start* pokračovat v obrábění. Vřeteno i chlazení zůstanou zapnuty, ale pokud je to požadováno, lze je vypnout ručně.

Po pozastavení běhu tlačítkem *FeedHold* je možné ruční polohování osami např. pro výměnu poškozeného nástroje atp. Pokud jste vypnuli vřeteno a chlazení, bude nutné je ručně opět zapnout před pokračováním, nicméně Mach3 si pamatuje polohu os v okamžiku přerušení a před pokračováním se do této polohy vrací.



Obrázek 6.8 – Ovládání běhu programů

6.2.7.3. Stop

Tlačítkem *Stop* se zastaví pohyb os v nejkratším možném čase. To však může vést ke ztrátě kroků (obzvláště při pohonu krokovými motory) a restartování tlačítkem *Cycle Start* již není možné.

6.2.7.4. Rewind

"Přetočí" aktuálně nahraný program na začátek.

6.2.7.5. Single BLK

Tlačítko *Single Blk* je přepínací (s indikační LEDkou). V režimu *Single Block* kliknutí na tlačítko *Cycle Start* vykoná pouze jeden řádek part programu a následuje FeedHold.

6.2.7.6. Reverse Run - zpětný pohyb

Tlačítko *Reverse Run* je přepínací (s indikační LEDkou). Lze ho použít po stisknutí tlačítka *FeedHold* popř. v režimu *Single Block*. Pokud je režim *Reverse Run* aktivní, pak následné spuštění programu *Cycle Start* bude program zpracováván reverzně (zpětný chod). To je užitečné při opětovném najíždění v případě zlomení nástroje popř. zhasnutí oblouku u plasmového hořáku.

6.2.7.7. Line Number

DRO *Line* zobrazuje pořadové číslo aktuálního řádku v okně G-kódu (začínající od nuly). Berte v potaz, že toto číslo nemá žádný vztah ke slovu "N". Zapsáním čísla do *Line* DRO lze nastavit aktuální řádek.

6.2.7.8. Run from here - spuštění z tohoto místa

Tlačítko *Run from here* vykoná fingovaný běh programu ke zjištění modálního stavu (G20/G21, G90/G1 atd.) a následně se dotáže na pohyb, kterým najede do správné polohy tak, aby mohl korektně pokračovat v provádění part programu přesně z místa daného číslem řádku v *Line Number* DRO. Neměli byste se pokoušet spouštět *Run from here* uprostřed podprogramu.

6.2.7.9. Set next line

Obdobné jako *Run from here*, ale bez přípravného zjišťování stavu a přesunu do správné pozice.

6.2.7.10. Block Delete

Tlačítko *Delete* přepíná příznak "*Block Delete*". Pokud je příznak aktivní, pak řádky začínající na slash tzn. / nebudou prováděny.

6.2.7.11. Optional Stop

Tlačítko *End* přepíná příznak *Optional Stop*. Pokud je příznak aktivní, pak příkaz M01 bude zpracován jako M00.

6.2.8. Ovládací prvky pro práci se soubory

Tyto ovládací prvky jsou určeny k práci se soubory part programů. Jejich význam je evidentní z názvů jednotlivých tlačítek.

6.2.9. Detaily nástroje

Skupina ovládacích prvků *Tool Details* viz obr. 6.9 zobrazuje informace o aktuálním nástroji jako jeho index, offsety pro jeho délku a průměr a u systémů se vstupem *Digities* rovněž umožňují jeho automatické nulování v rovině Z.

I když jsou požadavky na výměnu nástroje ignorovány (viz. Config>Logic dialog), jakmile Mach3 narazí na příkaz M6, přesune osu Z do polohy *Safe Z*, zastaví a rozblíká se LEDka *Tool Change*. Po provedení výměny nástroje lze pokračovat tlačítkem *Cycle Start*.



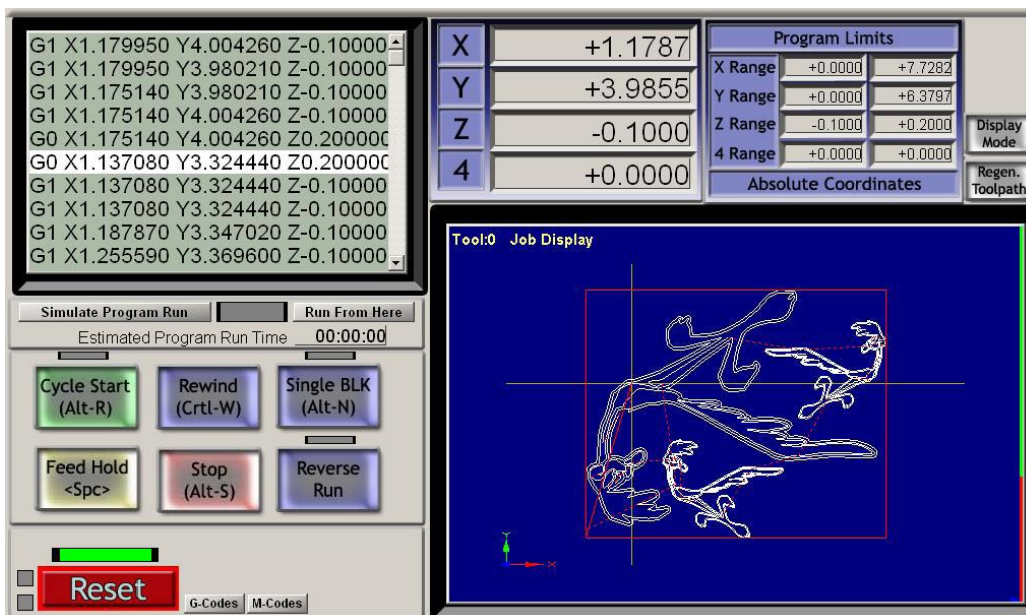
Součástí je i čítač uplynulé doby při provádění aktuálního programu, a to v hodinách, minutách a vteřinách.

Obrázek 6.9 – Informace o nástroji

6.2.10. Ovládací prvky G-kódu a trajektorie nástroje (ToolPath)

Aktuálně nahraný part program je zobrazen v okně G-kódu. Aktuální řádka je zvýrazněna a lze ji posouvat s použitím posuvníku okna G-kódu.

Okno náhledu trajektorie nástroje (ToolPath) viz. obr. 6.10 zobrazuje cestu, kterou bude "řízený bod" procházet v rovinách X, Y a Z. Při provádění part programu je cesta překreslována barvou zvolenou v dialogu Config>Toolpath. Překreslování se děje dynamicky a není uchováváno, pokud měníte obrazovky



Obrázek 6.10 – Zobrazení trajektorie nástroje

nebo pokud změníte pohled na trajektorii.

Místy můžete zjistit, že vykreslování se neděje přesně dle naprogramované cesty. To je z následujících důvodů. Mach3 má v jednotlivých úlohách, které provádí, nastaveny jednoznačné priority. Prioritou číslo jedna je generování přesných řídicích signálů do stroje. Vykreslování cesty má jednu z nejnižších priorit. Mach3 vykreslí body trajektorie pouze v okamžiku, kdy "vyšetří" nějaký ten čas. Body následně spojí rovnou čarou. Takže u pomalejších PC nebo při náročném polohování, kdy je volného času procesoru málu, se vykreslí jen málo bodů, takže u kružnic či oblouků je pak tendence k tomu, že vypadají spíše jako mnohoúhelníky a rovné čáry hran přímo "bijí do očí". Ale není třeba se strachovat.

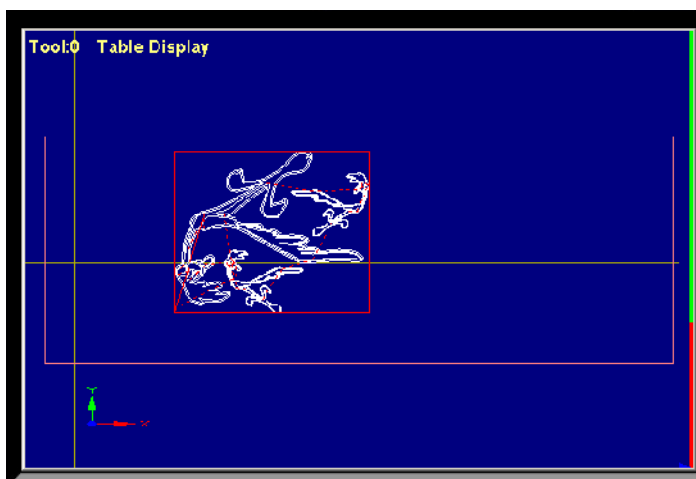
Tlačítko *Simulate Program Run* spustí provádění G-kódu aniž by docházelo k pohybům os, což umožňuje snadno zjistit odhad času, který je nutný pro provedení part programu.

Údaje ve skupině *Program Limits* Vám umožňují zkontrolovat, zdali maximální rozsahy polohování pro daný part program jsou správné (není dobré zfrézovat horní plochu stolu).

Obrázek náhledu rovněž ukazuje, že jsou do obrazovky zakomponovány DRO polohy jednotlivých os a některé prvky ze skupiny pro ovládání běhu programu.

Pokud jste definovali softwarové limity, které odpovídají rozměrům Vašeho pracovního stolu, pak je užitečné použít tlačítko *Display Mode* a přepnout se z režimu zobrazení *Job* do režimu *Table* - zobrazí se Vám umístění trajektorie nástroje vzhledem k pracovnímu stolu viz. obrázek 6.11

Náhled trajektorie nástroje lze otáčet kliknutím a tažením levým tlačítkem myši. Ke zvětšování či zmenšování použijte tlačítko *Shift* za současného tažení levým tlačítkem myši. Pravé tlačítko myši slouží k posouvání pohledu.



Obrázek 6.11 – Trajektorie nástroje vzhledem k prac. stolu

Tlačítko *Regenerate* způsobí překreslení náhledu dle aktuálního stavu G-kódu a s využitím současně nastavených offsetů G92.

Berte na vědomí, že je po změně hodnot offsetů důležité provést regeneraci, protože jednak získáte správný vizuální náhled, ale také se tímto provádí přepočty, pokud používáte příkazy G42 a G43 pro kompenzaci nástroje.

6.2.11. Ovládací prvky pro práci s pracovními offsety a tabulkou nástrojů

Pracovní offsety a tabulka nástrojů je dostupná z menu *Operator* a také, samozřejmě, z part-programu, nicméně nejvýhodnější je pro manipulaci s nimi používat právě tuto skupinu ovládacích prvků. Více informací o tabulkách nástrojů a technikách jako "*Touching*" se dozvíte v kapitole 7.

Vzhledem k tomu, jak jsou definovány závislosti v G-kódu, pracovní offsety a tabulky nástrojů fungují na trochu odlišných principech.

Varování: Změna pracovních offsetů nebo offsetů nástroje nikdy nepovede k pohybu některé z os, ačkoliv tímto dojde evidentně ke změně hodnot v DRO jednotlivých os. Avšak, pohyb příkazy např. G0 či G1 po provedení změny offsetů již bude realizován v novém souřadném systému. Musíte rozumět tomu, co děláte, pokud si přejete vyhnout se kolizím na Vašem stroji.

6.2.11.1. Pracovní offsety

Mach3 implicitně používá pracovní offset č.1. Výběrem libovolné hodnoty mezi 1 až 255 a jejím zapsáním do DRO *Current Work Offset* (aktuální pracovní offset) nastavíte zadaný offset aktivním. Pracovní offsety se někdy také nazývají "pevné" offsety. Zapsáním indexu offsetu do DRO je identické použití příkazu G-kódu G55 až G59 nebo G58.1 až G58.253.

K výběru aktuálního pracovního offsetu je rovněž možné použít tlačítka *Fixture #*.

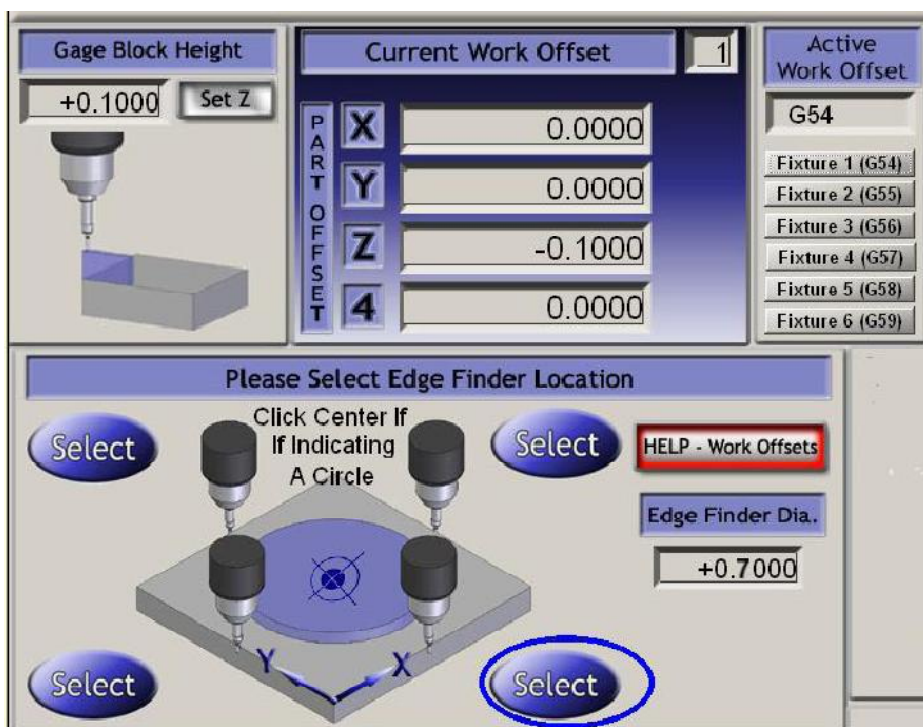
Můžete provést změnu hodnot aktuálního offsetu zapsáním potřebných údajů do příslušných DRO *Part Offset* (Part Offset je ještě další označení pro pracovní či "pevné" offsety).

Hodnoty je také možné změnit tak, že osami najedete do požadované polohy a kliknete na tlačítko *Set*

nebo *Select*. Osy X, Y mají oproti ose Z trochu odlišný princip nastavení. Osa Z je pro pochopení trochu jednodušší, proto začneme nejprve vysvětlovat nastavení osy Z.

Offset souřadnice Z se většinou nastavuje s použitím referenčního nástroje upnutého do vřetena (tzv. **master tool**). Offsety Z pro jiné nástroje jsou pak již korigovány na základě hodnot z tabulky nástrojů. Přesné měrky nebo někdy dokonce kousek fólie či papíru je sevřen mezi nástroj a horní plochu obrobku (pokud je ta vybrána jako Z=0.0) či plochu stolu (pokud je ta vybrána jako Z=0.0). Při svírání ručně polohujte osu Z velmi jemně tak, až se nástroj dotkne měrky či papíru. Tloušťku měrky zadejte do *Gage Block Height* DRO a klikněte na tlačítko *Set Z*. Tímto nastavíte hodnotu offsetu Z pro aktivní pracovní offset = nástroj je nyní v dané výšce.

Postup pro osy X a Y je podobný, až na to, že "dotýkání" se obrobku může být prováděn libovolně ze čtyř stran a v úvahu musí být brán průměr nástroje (či trnu) a šířka měrky. Je přitom nutné věnovat pozornost co *nejcitlivějšímu* dotyku.



Obrázek 6.12 – Ovládací prvky nastavení pracovních offsetů

Např. při požadavku na výběr spodní strany obrobku, kde má být $Y=0.0$ a s použitím nástroje o průměru 10 mm a s měrkou 2 mm musíte zadat do DRO *Edge Finder Dia* hodnotu 14 (čili průměr nástroje + dvojnásobek šířky měrky) a kliknout na tlačítko *Select*, které je zakroužkováno na obr. 6.12.

V závislosti na Vašem nastavení hodnot *Persistent Offsets* a *Offsets Save* v dialogu Config>State budou výše uvedeným způsobem získané hodnoty offsetů uloženy pro použití při dalším spuštění Machu3.

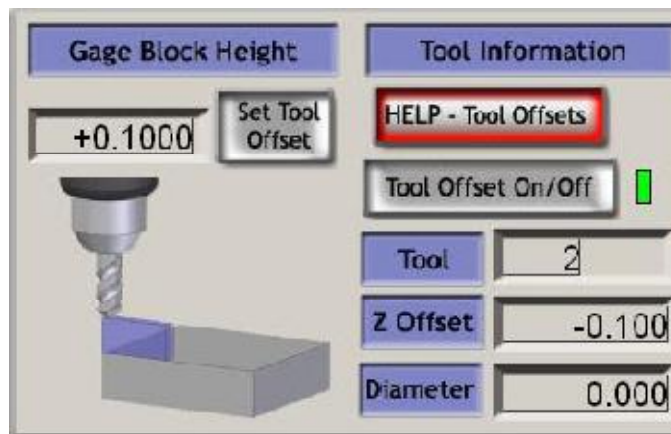
6.2.11.2. Nástroje

Nástroje jsou číslovány od 0 do 255. Nástroj je vybrán v part-programu slovem "T" nebo zadáním čísla do DRO *T*. Offsets nástroje jsou použity pouze v případě, pokud jsou zapnuty, a to přepínacím tlačítkem *Tool Offset On/Off* (popř. ekvivalentem G43 a G49 v part-programu).

V Mach3Mill lze pro nástroje použít pouze *Z offset* a průměr nástroje. Průměr lze zadat zaspáním do DRO a *Z-offset*

(kompenzace délky nástroje) lze buď přímo zadat nebo použít *Touching* - funkce *Set Tool Offset* funguje identickým způsobem, jako nastavování *Z offsetu* u pracovních offsetů.

Offsets nástrojů se uchovávají mezi spuštěními Mach3 podobně jako offsety pracovní.



Obrázek 6.13 – Ovládací prvky nastavení offsetů nástroje

6.2.11.3. Přímý přístup do tabulky offsetů

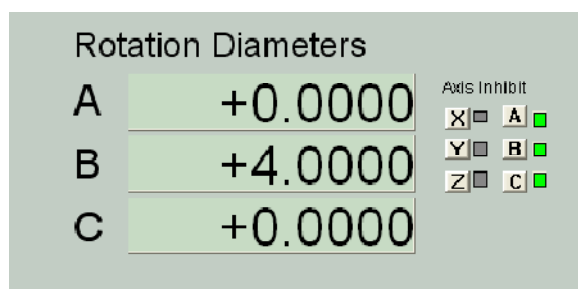
Tabulky nástrojů mohou být otevřeny a přímo upravovány s použitím tlačítek *Save Work Offsets* a *Save Tool Offsets* nebo z menu Config>Fixture (pracovní offsety) či Config>ToolTable (offsety nástrojů).

6.2.12. Průměr rotačního obrobku

Jak již bylo vysvětleno v kapitole o nastavení rychlostí posuvů, je možné definovat přibližnou velikost rotačního obrobku, takže rychlost otáčení rotační osy lze korigovat tak, aby bylo dosaženo nastaveného posuvu v jednotkách za minutu. Příslušné průměry se zadají do odpovídajících DRO.

Zároveň ve skupině prvků obrazujících informace o jednotlivých osách jsou umístěny LEDky, které se rozblíkají, pokud pro rotační osy zadáte nenulový průměr.

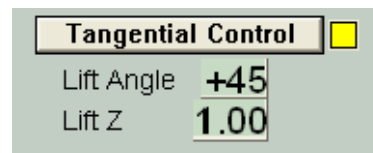
Průměry není potřeba u rotačních os zadávat, pokud nevyžadujete koordinaci pohybu rotačních os s osami lineárními. Pro tyto případy zadejte slovem "F" vhodnou velikost ve stupních za minutu popř. ve stupních na otáčku vřetena.



Obrázek 6.14 – Průměry rotačních obrobků

6.2.13. Nastavení "tangenciálního nože"

Na strojích určených pro vyřezávání tvarů z folií apod. je užitečné použití rotační osy pro natáčení řezného nástroje. Nejdokonalejší řez je tehdy, pokud ostří nože směřuje tangenciálně (tečně) ke směru pohybu os X a Y v každém okamžiku řezání.



Obrázek 6.15 – Tangenciální nůž

Mach3 řídí natáčení rotační osy A přesně tak, jak je výše popsáno pro všechny pohyby dle příkazu G1. Je jasné, že řezný bod nože musí být co nejbližší k ose otáčení nože tzn. ose A a tato osa musí být rovnoběžná s osou Z stroje.

Výše uvedená funkce se aktivuje přepínacím tlačítkem *Tangential Control*. Ve většině aplikací existuje omezení maximálního úhlu, o který lze nůž natočit v rozích řezu, když je nůž v materiálu. Tento úhel lze zadat do DRO *Lift Angle*. Ve všech rozích, kde by natočení nože bylo větší než zadaný úhel Lift Angle, dojde nejprve k vysunutí nože z materiálu osou Z. Velikost vysunutí je definována hodnotou *Lift Z*. Následuje natočení nože do správného úhlu, jeho spuštění do materiálu a pokračování v řezu v novém úhlu.

6.2.14. Limity a další ovládání

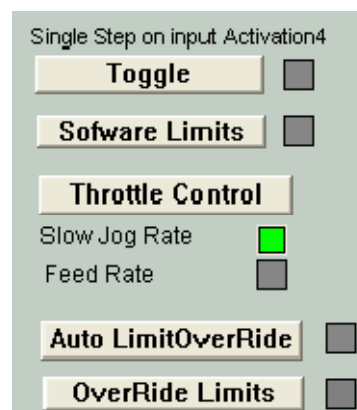
6.2.14.1. Input Activation 4

Vstupní signál 4 lze konfigurovat tak, že lze logickou hodnotou na tomto stupu řídit stav funkce Single Step (ekvivalentní přepínacímu tlačítku Single Step).

6.2.14.2. Override Limits

Mach3 může být konfigurován tak, že softwarově umožní překročení koncových poloh os (daných koncovými snímači). Ignorování signálu z koncových snímačů může být automatické např. během ručního polohování ihned po resetu, kdy je potřeba někdy odjet s osou z polohy, kde je sepnutý koncový snímač. Tuto funkci lze aktivovat/deaktivovat přepínacím tlačítkem *Auto Limit Override* včetně indikační LEDky.

Berte v potaz, že zmíněné ovládací prvky nelze využívat, pokud signály z koncových čidel jsou přímo připojeny do elektroniky driverů popř. okruhu EStop. V tomto případě je zapotřebí přidat do elektrického okruhu externí přepínač, který v případě potřeby "vyřadí" činnost koncových snímačů.



Obrázek 6.16 – Limity

6.2.15. Ovládací prvky systémových nastavení

Upozornění: Ovládací prvky z této skupiny nejsou umístěny na jednom místě/obrazovce Machu3. Budete je muset "nahánět" na obrazovkách Program Run, Setting nebo Diagnostics.

6.2.15.1. Jednotky

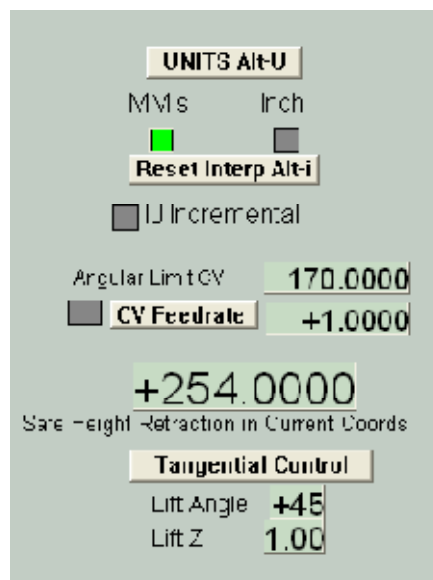
Přepínací tlačítko implementuje kódy G20 a G21 - změna aktuálních jednotek. **Důrazně** Vám doporučujeme neprovádět změnu jednotek vyjma malých fragmentů v part-programu, a to z důvodu, že pracovní offsety či offsety nástrojů jsou definovány v pevně daných jednotkách.

6.2.15.2. Bezpečná výška - Safe Z

V této skupině ovládacích prvků definujete velikost souřadnice Z, pro kterou je bezpečné polohovat libovolně v rovině XY, aniž by došlo ke kolizi s upínkami či částmi obrobku. Tato výška se používá pro referování popř. výměnu nástroje.

6.2.15.3. CV Mode/Angular Limit

Tato LEDka svítí, když systém pracuje v režimu "Constant Velocity" (konstantní rychlost). Tento režim umožňuje hladší a rychlejší operace než režim "Exact Stop", nicméně může způsobit určité zaoblení ostřejších rohů v závislosti na rychlostech os. Dokonce i pokud je systém v režimu CV, ale v rohu obrobku dochází ke změně směru větší než hodnota zadaná v *Angular Limit* DRO, bude při obrábění použito režimu Exact Stop. Podrobnější detaily této problematiky jsou popsány v kapitole 10.



Obrázek 6.17 – Systémová nastavení, Safe Z atd.

6.2.15.4. Offline

Toto přepínací tlačítko a LED indikátor "odpojuje" všechny výstupní signály Machu3. Tato funkce je užitečná při nastavování stroje a testování. Její použití během vykonávání part-programu by způsobilo velké množství polohovacích problémů.

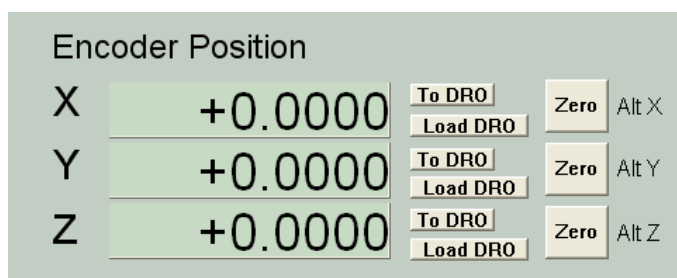
6.2.16. Ovládání enkoderů

Tato skupina ovládacích prvků zobrazuje hodnoty z enkoderů jednotlivých os a umožňuje je přesouvat do a z DRO hlavních os.

Tlačítko *Zero* resetuje příslušné DRO enkoderu na nulu.

Tlačítko *To DRO* kopíruje hodnotu z DRO enkoderu do DRO hlavní osy (tzn. použije hodnotu enkoderu jako G92 offset).

Load DRO tlačítko nahraje do DRO enkoderu hodnotu z DRO korespondující hlavní osy.



Obrázek 6.18 – Enkodery

6.2.17. Automatické řízení Z souřadnice

Mach3 nabízí funkci, při které lze definovat spodní mez pro polohování osou Z. Podívejte se do dialogu Config>Logic, kde je nastavení této *Inhibit-Z* hodnoty.

Je zde rovněž několik ovládacích prvků, které dovolují nastavení hodnoty *Inhibit-Z* během přípravy a před spuštěním programu v G-kódu. Jsou



Obrázek 6.19 – Automatické řízení osy Z

Naprogramujte kód, který může být nejjednodušeji import DXF nebo HPLG obsahující řez nebo sérii řezů v konečné hloubce Z (kupříkladu Z=-10 předpokládá, že horní plocha obrobku je Z=0). Poslední příkaz může být M30 (rewind).

Použití Automatic Z Control

- (a) nastavte hodnotu *Z-inhibit* na hloubku prvního hrubovacího řezu (např. Z=-2)
- (b) zadejte *Lower Z-Inhibit* na požadovanou hloubku úběru (můžete dát např. 3 mm, pokud to geometrie nástroje dovoluje). Pro frézování na konečnou hloubku potřebujeme celkem 3 průchody, abychom se dostali na Z=-10, takže
- (c) zadejte 3 do políčka *L (Loop)*

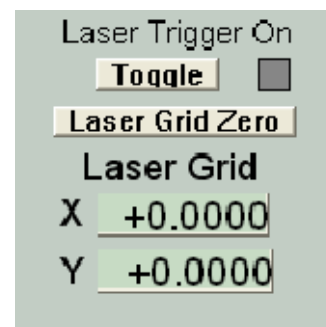
Po stisknutí tlačítka *Cycle Start* stroj automaticky vykoná sérii obráběcích sekvencí se vzrůstající hloubkou Z. V DRO se snižuje počet zadaných průchodů a na druhé straně se zvětšuje hodnota Z-inhibit. Pokud se na zadaný počet průchodů nedosáhne konečné hloubky dané part-programem, lze zvýšit hodnotu v *L DRO* a restartovat program.

6.2.18. Ovládání spouštěče laseru

Mach3 dokáže generovat pulz na výstup Digitize Trigger (pokud je definován), když osy X a Y míjejí "spouštěcí" body.

Ovládací prvky Laser Trigger umožňují definovat mřížku bodů v aktuálních jednotkách a relativně k libovolnému počátku.

Klikněte na tlačítko *Laser Grid Zero*, když se osy nacházejí na požadovaném počátku souřadného systému. Dále definujte šířku čar mřížky v *X* a *Y* a klikněte na tlačítko *Toggle*, čímž aktivujete generování pulzů kdykoliv osy přetnou nadefinované čáry mřížky.



Obrázek 6.20 – Laser Trigger

Tato funkce je pouze experimentální a může být v dalších verzích změněna.

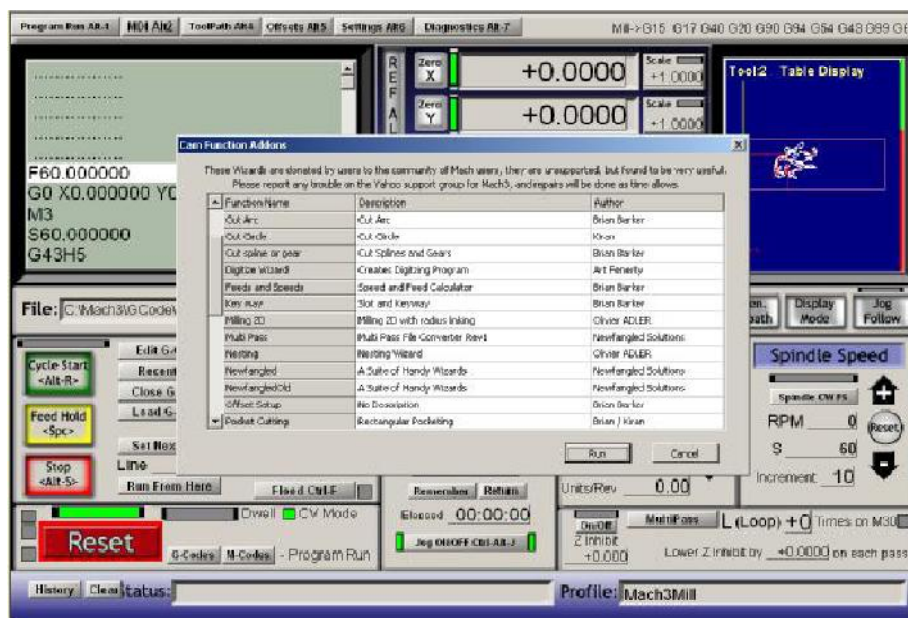
6.2.19. Uživatelské ovládací prvky

Mach3 umožňuje návrháři obráběcího stroje, kterým můžete být Vy nebo Váš dodavatel, přidat celou řadu vlastností a funkcí na uživatelských obrazovkách, které mohou obsahovat DRO, LEDky a tlačítka, která jsou ovládána pomocí programů v VB Scriptu (buď jako přiřazená k tlačítkům nebo spouštěná ze

souborů maker). Příklady takovýchto možností jsou uvedeny v manuálu *Mach3 Customisation*. Tyto příklady rovněž ukazují, jak rozdílně mohou obrazovky Machu3 vypadat, aby vyhověly různým aplikacím, ačkoliv v podstatě vykonávají stejné funkce požadované frézou.

6.3. Použití průvodců - wizardů

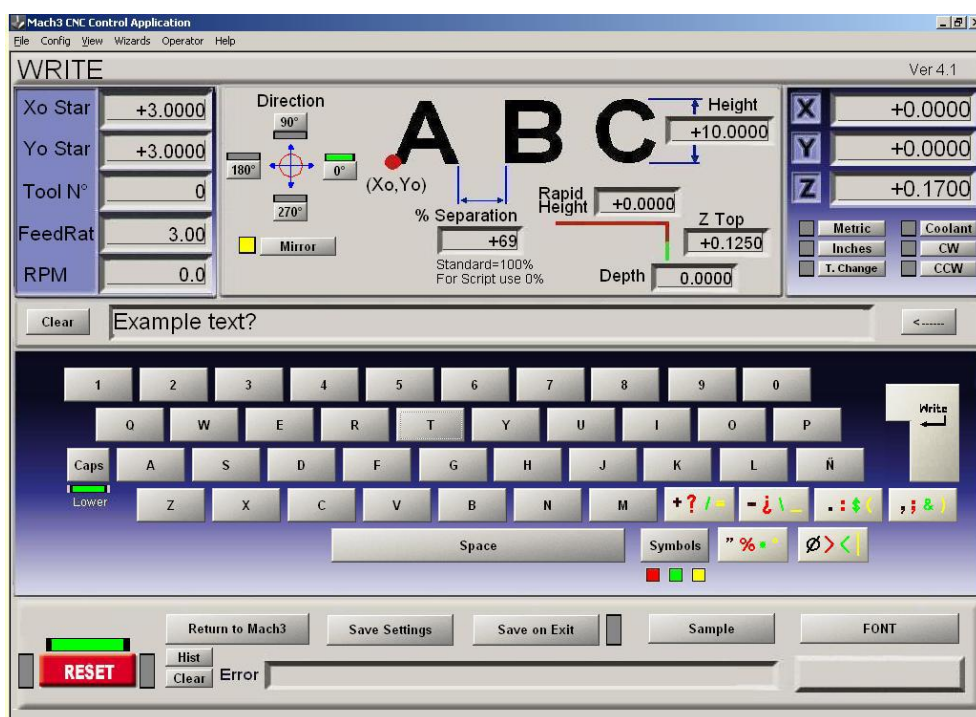
Průvodci Machu3 představují rozšíření možností Teach funkce, které Vám umožní definovat některé obráběcí operace s využitím jedné či více speciálních obrazovek. Průvodci pak generují G-kód, kterým se provedou nadefinované obráběcí operace. Mezi příklady takovýchto průvodců patří obráběcí kruhové kapsy, vrtání pole děr nebo gravírování textu.



Obrázek 6.21 – Výběr průvodce

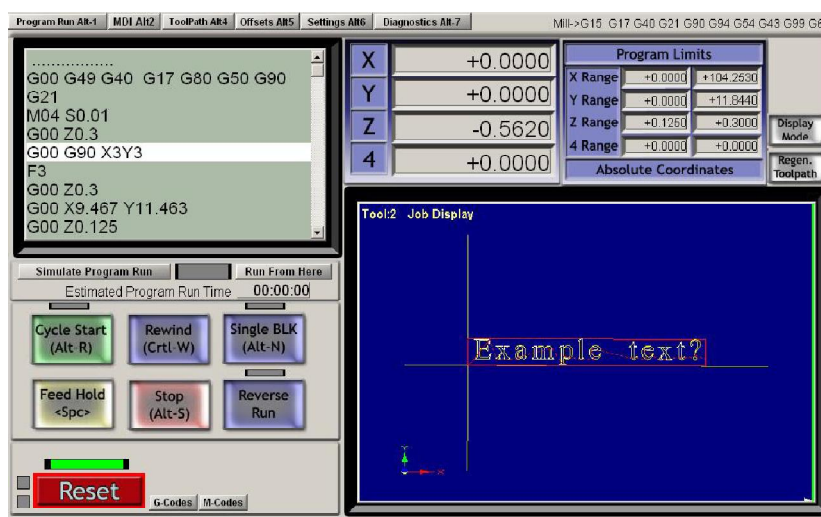
Tlačítkem *Load Wizards* zobrazíte tabulku se seznamem průvodců instalovaných na Vašem systému. Vyberete požadovaného průvodce a kliknete na tlačítko *Run*. Zobrazí se obrazovka průvodce (někdy jedna z více obrazovek).

Kapitola 3 zahrnuje příklad průvodce pro frézování kapsy. Obrázek 6.22 zobrazuje průvodce pro gravírování textu.



Obrázek 6.22 – Průvodce gravírováním textu

Na průvodcích se podílelo několik autorů a v závislosti na účelu průvodce mají trochu odlišná ovládací tlačítka. Každý průvodce bude však mít tlačítko na poslání G-kódu do Machu3 (označené *Write* na obrázku 6.22) a tlačítko pro návrat na hlavní obrazovku Machu3. Většina průvodců Vám umožňuje uložit zadané hodnoty, takže při opětovném spuštění průvodce budou u některé výchozí hodnoty již předvyplněny.



Obrázek 6.23 – Po ukončení průvodce

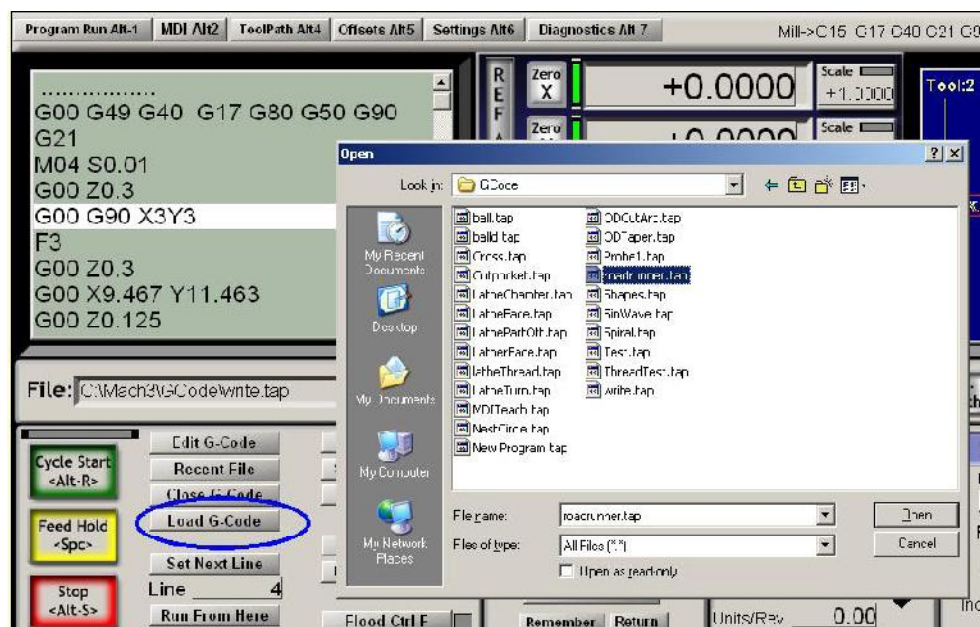
Obrázek 6.23 zobrazuje část obrazovky Toolpath, když je stisknuto tlačítko *Write* z obrázku 6.22

Tlačítko *Last Wizard* spustí naposledy použitého průvodce, aniž by jste ho museli složitě vyhledávat v seznamu.

Tlačítko *Conversational* spustí sadu průvodců navržených firmou Newfangled Solutions. Tyto jsou dodávány s Machem3, nicméně vyžadují oddělenou licenci, aby bylo možné z nich generovat G-kód.

6.4. Nahrání G-kódu part-programu

Pokud máte part-program, který byl napsán ručně nebo generován nějakým CAD/CAM programem, pak ho nahrajte do Machu3 kliknutím na tlačítko *Load GCode*. Vyberte soubor ze standardního dialogu Windows pro otevření souboru.



Obrázek 6.24 – Nahrání G-kódu

Alternativně můžete soubor vybrat ze seznamu naposledy otevřených souborů, který zobrazíte kliknutím

na tlačítko *Recent Files*. Když je soubor vybrán, Mach3 ho nahraje a analyzuje kód. Zároveň dle programu generuje trajektorii nástroje, která se zobrazí v náhledu, a stanoví limity obrábění programu.

Nahráný kód programu se dále zobrazí v okně G-kódu a s použitím posuvníku můžete v kódu listovat.

6.5. Editování part-programu

Pokud definujete externí program pro editaci G-kódu (v dialogu Config>Logic), můžete editovat aktuálně nahraný g-kód kliknutím na tlačítko *Edit*. Váš vybraný editor se spustí v novém okně již s nahraným kódem.

Jakmile dokončíte požadované úpravy, měli byste program uložit a editor ukončit. Pravděpodobně nejjednodušší způsob je kliknutí na křížek a odpovědět "Ano" na dotaz "Přejete si uložit změny?".

Zatímco provádíte úpravy, Mach3 je zmrazený. Pokud kliknete na jeho okno, zjistíte, že je neaktivní. Jednoduše se vraťte do editoru a ukončete ho.

Po úpravách je pozměněný kód opět analyzován včetně regenerování trajektorie nástroje a limitů. Regeneraci trajektorie nástroje lze provést kdykoliv kliknutím na tlačítko *Regenerate*.

6.6. Příprava a spuštění part-programu

6.6.1. Vložení ručně psaného programu

Pokud chcete napsat program "z patra", pak můžete buď využít externí editor a uložit soubor nebo klikněte na tlačítko *Edit* (v Machu3 není nahrán žádný program). V tomto případě budete muset po dokončení programu použít příkaz Save As (Uložit jako) a ukončit editor. V obou případech pak klikněte na tlačítko *Load GCode*, abyste nahráli d Machu3 vytvořený program-

Varování: Chyby v kódu jsou obecně ignorovány. Neměli byste se spoléhat na to, že Mach3 provádí detailní kontrolu syntaxe.

6.6.2. Než spustíte part-program

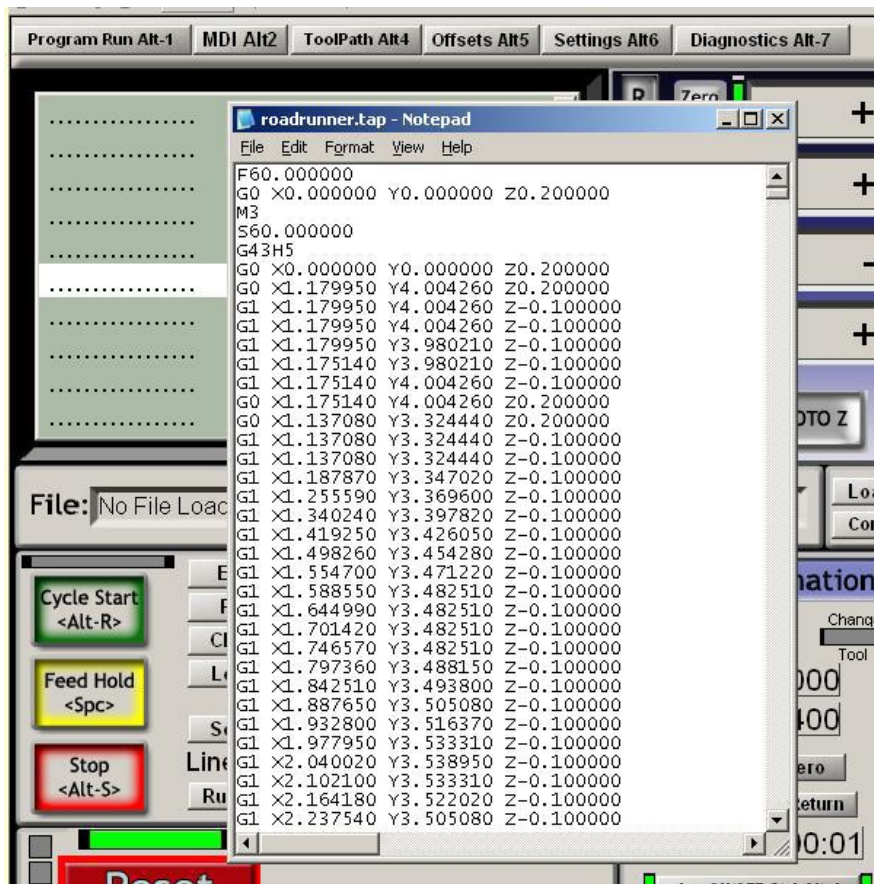
Je dobrým zvykem při psaní programu nedělat žádné předpoklady ohledně stavu stroje v okamžiku spuštění programu. Proto byste měli do kódu začlenit G17/G18/G19, M20/G21, G40, G49, G61/G62, G90/G91, G93/G94.

Měli byste se ujistit, že osy jsou v známé referenční poloze - pravděpodobně použitím tlačítka *Ref All*.

Musíte se rozhodnout, zda program začne slovem S nebo jestli rychlost vřetena nastavíte ručně popř. zadáním hodnoty do S DRO.

Musíte zajistit, aby byl zadán vhodný posuv dříve, než jsou vykonány příkazy G01/G02/G03. To lze buď slovem *F* nebo vložením hodnoty posuvu do *F* DRO. Dále potřebujete vybrat nástroj a/nebo pracovní offsety.

A konečně, pokud si nejste jisti, že program je napsán dobře, měli byste provést chod na sucho - frézováním "vzduchu" snadno zjistíte, že se nestane nic hrozného.



6.6.3. Spuštění programu

Měli byste sledovat první spuštění každého programu s největší opatrností. Můžete zjistit, že je zapotřebí změnit velikost posuvu nebo třeba upravit rychlost vřetena pro minimalizaci vibrací či optimalizaci produkce. Pokud chcete provést změny, můžete to udělat za chodu nebo stisknete tlačítko *Pause*, proved'te změny a klikněte na tlačítko *Cycle Start*.

6.7. Generování G-kódu importováním jiných souborů

Mach3 konvertuje soubory ve formátu DXF, HPGL nebo JPEG do formátu G-kódu, který ve výsledku reprezentuje obsah originálních souborů.

To lze realizovat použitím příkazu menu *File>Import HPLG/BMP/JPG* nebo *File>Import>DXF*. Následuje standardní výběr souboru. Během konverze se Vás Mach3 dotáže na parametry důležité pro konverzi, velikost posuvů či použití chlazení. Po vytvoření programu v G-kódu se Vás Mach3 dotáže na název *.TAP souboru (v dialogu uložení souboru) a jeho umístění. Tento soubor je následně nahrán do Machu3 a můžete ho spustit jako každý jiný program.

Detailní popis procesu konverze a jeho parametrů je uveden v kapitole 8.

7. Koordináty, tabuľka nástrojov a prípravkov.

Tato kapitola poskytnuta od janča - <http://www.cnc-hobby.eu> (bez korektur textu, pouze formátováno)

V tejto kapitole si povieme, ako môže Mach3 urobiť presnú prácu – ďalej niečo o nastavení koordinátov – t.j. umiestnenie obrobku, ako sa zadávajú dĺžky nástrojov,

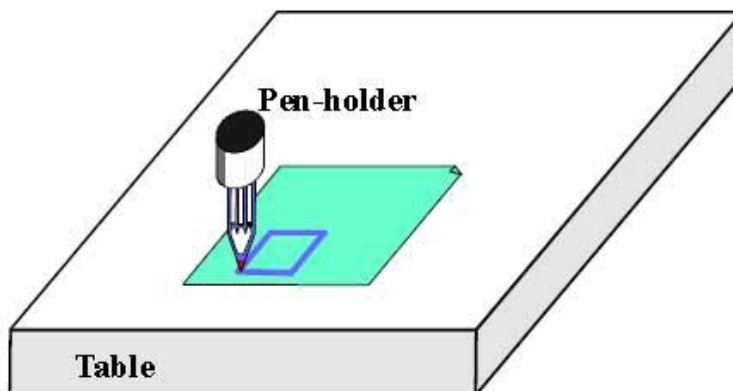
Toto po prečítaní nemusí byť hneď každému jasné, preto je dobré si jednotlivé funkcie skúšať.

Mach3 sa dá používať aj bez pochopenia týchto funkcií, ale ich pochopením a používaním bude náš stroj rýchlejší a spoľahlivejší

7.1. Systém strojnej koordinácie.

Na väčšine obrazoviek Mach3 sa zobrazujú koordináta „Z axis“, „Y axis“, atď. Keď chceme vyrobiť presný výrobok, minimalizovať opotrebenie a poškodenie nástrojov musíme pochopiť tieto hodnoty. A to ako pri nastavovaní práce tak aj počas nej.

Na toto precvičovanie je dobré si navrhnuť a zostrojiť nejaký nástroj ako je na obrázku – ceruzka, fixka. Tento nástroj potom sledujeme počas práce s ohľadom na hodnoty a nastavenia, ktoré sme zadali.



7.1. Obrázok. Kresliaci stroj

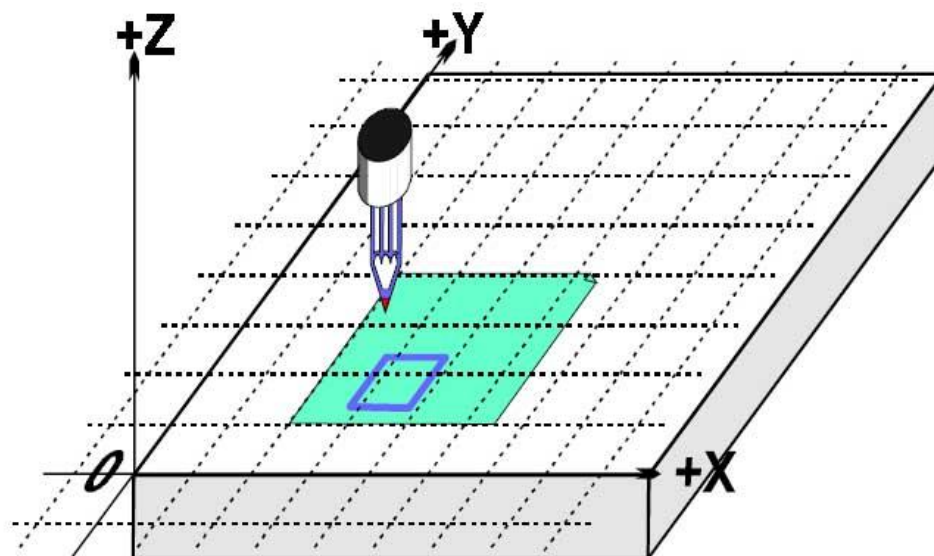
Toto je zariadenie s ceruzkou, kde sa na kreslenie použije nejaký papier alebo kartón. Na obrázku je nakreslený štvorec, ktorý nakreslil stroj. Ceruzka sa tu pohybuje vo všetkých troch smeroch. Tieto smery nazývame a označujeme X, Y, Z.

Na obrázku 7.2 je vidno také strojné koordináty, ktorý vychádza z ľavého spodného rohu. Tu vidíme, že stroj si počíta vzdialenosti od spodného ľavého rohu. $X=2$, $Y=1$ a $Z=0$ Z_0 – môže byť preto, lebo hrúbka papiera je zanedbateľná. Hrot ceruzky sa nachádza v bode $X=3$, $Y=2$ a povedzme že Z je v pozícii $Z=1,3$.

Keby hrot bol v rohu stola, bol by v pozícii **Home** alebo ho nazývame aj referenčný bod.

Hrot ceruzky je ten bod, kde prebieha práca, a to zároveň aj bod ovládania /Controlled Point/ DRO – je stupnica na obrazovke a tá ukazuje práve tento bod. Tento bod nemusí byť vždy v rohu stola, a v niektorých prípadoch je výhodnejšie ho posunúť.

Nasledovný program je na prvý pohľad vhodný na nakreslenie štvorca podľa obr.7.1.



7.2. Obrázok. Systém kordinácie

N10 G20 F10 G90	(nastavenie miery. Pomalý posun apod.)
N20 G0 Z2.0	(dvihnutie pera)
N30 G0 X0.8 Y0.3	(posun ku štvorcu)
N40 G1 Z0.0	(spustenie pera)
N50 Y1.3	(G1-)
N60 X1.8	
N70 Y0.3	(posun po obvode)
N80 X0.8	
N90 G0 X0.0 Y0.0 Z2.0	(dvihnutie pera)
N100 M30	(koniec programu)

Keď nevieme sledovať kódy, môžeme sledovať čo sa práve deje. Napríklad riadok N30 hovorí stroju že nech sa posunie na $X=0,8$ a $Y=0,3$. Radok N60 bude riadený bod $X=1,8$ a $Y=1,3$. Pričom DRO-nám ukazuje toto.:

X Axis 1.8000 Y Axis 1.3000 Z Axis 0.0000

Problém je vtom, že štvorec nie je nakreslený ako na obrázku 7.1. Ale je ďalej od okraja. Ide o to že prgramátor programoval štvorec od okraja papiera a stroj ho počítal od okraja stola.

7.2. Posun nulového bodu (000-bod - Work offsets)

Mach3, ako každý iný riadiaci systém dovoľuje posunúť 000-bod, t.j. bod, od ktorého prebieha meranie vzdialeností.

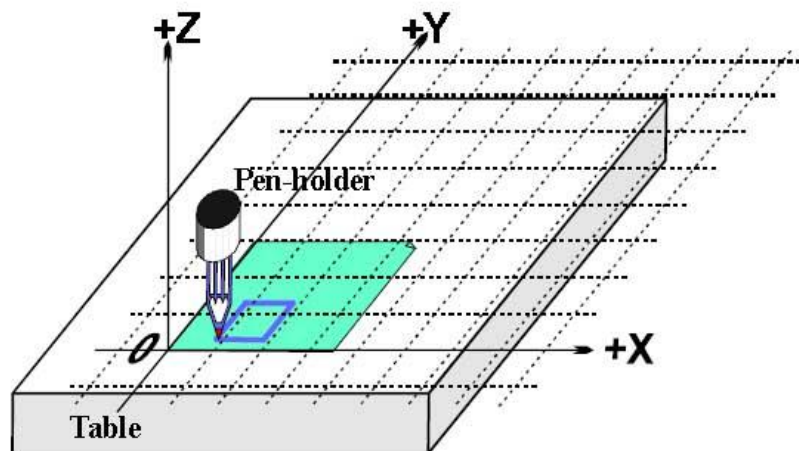
Toto voláme – **posun nulového bodu**.

Na obr. 7.3 vidíme, čo sa stane, keď posunieme 000-bod. **Nezabúdajme**, že G-kód v každom prípade počíta vzdialenosti s tohoto bodu..

To znamená, že papier môžeme uchytiť hocikde na pracovnom stole a 000- bod si nastaviť podľa potreby.

Toto posunutia môže byť veľmi užitočné. Napríklad kým stroj robí jeden obrobok, môžeme si pripraviť ďalší.

Ale zároveň je tým umožnené aj obrábanie obrobkov rôznej výšky / os Z /



7.3. obrázok. Tu sme 000-bod posunuli na kraj papiera

7.2.1. Nastavenie nolového bodu na obrobok.

Pozostáva z dvoch krokov.:

1. Pozrime obazovku *Offset* (posun) . Posuňme nástroj tam kde by sme chceli mať tento 000- bod. Môžeme to urobiť ručne alebo keď vieme vzdialenosť tak za pomoci funkcie MDI. .Mozgassuk oda a vezérelt pontot, ahová az új nullpontot szeretnékn tenni. Ezt megtehetjük léptetéssel, vagy ha tudjuk, hogy milyen távolságra van a jelenlegi helyzetétől, úgy a G0 utasítás kézi adatbevitelével (MDI) is megtehetjük mindezt.
2. Kliknime na *Current Work Offset* pre jednotlivé osi na tlačítko Touch. Pri stlačení vidíme, že ukáže nulu. A tak pokračujeme aj pri ostatných osiach.

Keď chceme vedieť, čo sa deje tak hodnota posunu je pridaná k hodnote DRO pre danú os, tak aby sme dostali absolútny koordinát riadeného bodu. Mach3 nám ukáže túto hodnotu, keď klikneme na tlačítko *Machine Coords* LED-ka bliká aby upozornila, že že ukázané koordináty sú aj absolútne koordináty.

Druhá možnosť je keď poznáme hodnoty posunu.

Roh papiera je povedzme. 2,6” – do prava a 1,4”- hore od *Home* (referencia) bodu,

1. Tieto hodnoty zapíšeme do 2,6 a 1,4 - X a Y *Offset* DRO. Kontrolu prevedieme tak, že do riadku MDI napíšeme G00 X0 Y0 Z0. A v tomto prípade by sa malo pero dotknúť rohu papiera.

Ukázali sme si ako je možné použiť pracovný bod č. 1. Môžeme použiť hociktorý, medzi 1 a 255. V každom momente je iba jeden v prevádzke z obrazovky *Offset* a za pomoci DRO alebo G kódov (od G54- po G59- P253) – v súčiastkovom programe

Poslednou možnosťou ako posunúť pracovný bod je, že do DRO napíšeme novú hodnotu. Pracovný bod sa tak upraví, že hodnota, ktorá je teraz v DRO je referovaný s riadeného bodu. Podotknime, že stroj sa nehýbe, zmení sa len systém koordinátov. A *Zero-X*, *Zero-Y* atď.

Teda keď to zhrnieme. Za pomoci systému koordinátov obdĺžnik môžeme nakresliť na správne miesto, bez ohľadu na to, kde sme ho prilepili. .

7.2.2. Nulový bod na skutočnom stroji.

Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že nie je vhodné 0-bod osi Z nastavovať na úroveň stola. Mach3 má tlačítko s názvom Reference all ktoré nastaví všetky tri osi na referenčný bod. Pri skutočnom stroji je možné týmto tlačítkom nastaviť nulový bod. Toto je strojný 0-bod.

Referenčný spínač osi Z, je väčšinou nastavený na najvyšší bod nad pracovnou plochou. Samozrejme keď referenčná pozícia Z=0 je strojný koordinát, tak všetky pracovné pozície sú nižšie a v strojných koordinátoch budú negatívne hodnoty..

Keď toto nám ešte nie je úplne jasné – nevadí. Keďže ešte nemáme v stroji nástroj, pri nastavovaní referenčného bodu – takto je to jednoduchšie a pohodlnejšie.

7.3. Ako ovládať nástroje s rôznou dĺžkou.

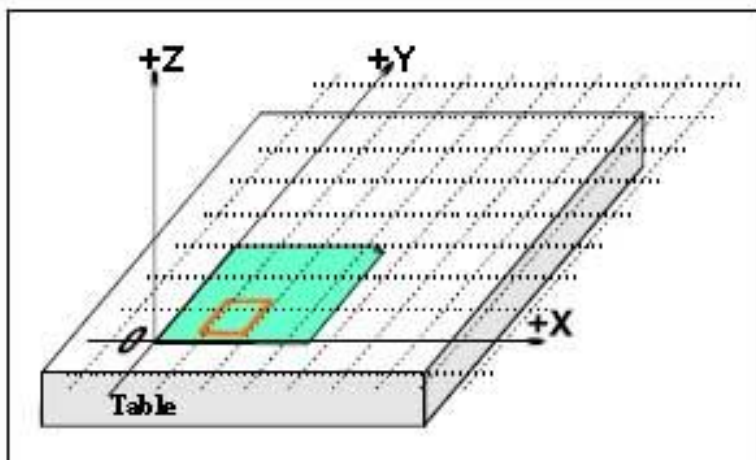
Keď sme si už istý, že predchádzajúce zručnosti ovládame, môžeme pristúpiť k ďalšiemu problému.

Predstavme si, že teraz treba nakresli červený kváder.

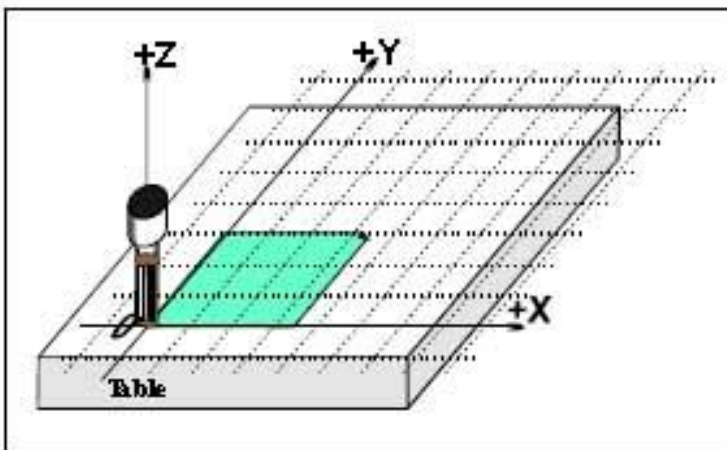
Posťme os Z hore a namiesto modrého pera vložíme červené. Bohužiaľ – červené je dlhšie a preto keď sa posunieme na 000-bod pero vrazí do stola. (7.5. Obr.).

Mach3, ako aj iné CNC programy si vie zapamätať a uložiť dáta jednotlivých nástrojov. Táto tabuľka nástrojov môže uchovať až 256 nástrojov.

Na obrazovke *Offset* je miesto pre číslo nástroja a informácie o ňom. Jednotlivé DRO majú nasledovné označenia: *Z-offset* (Z-posun), *Diameter* (priemer) a *T* (číslo nástroja). Zatiaľ sa nebudeme zaoberať funkciou *Touch Correction* (dotyková korekcia.) DRO- a prislúchajúcim tlačítkom *On/Off*.



7.4. obrázok. Teraz chceme inú farbu



7.5. Obrázok. Katastrofa pri posune na 0,0,0

Vybraný je nástroj 0 – ale jeho posuny sú vypnuté.

Info o priemere nástroja sú platné aj pri kompenzáciách frézovania.

7.3.1. Zamerané nástroje.

Predpokladajme, že náš stroj je vybavený výmenníkom nástrojov, tým je dané, že nástroj sa dostane, vždy do rovnakej pozície. (obr. 7.10. a 7.11.). Teraz je jasné, že každý nástroj potrebuje mať nastavenú svoju pozíciu a posun. Ale tomu sa budeme venovať ešte neskôr.

Na našom kresliacom stroji predpokladáme uchytenie pera s hĺbkou 1" Červené pero je dlhé 4,2" a modré 3,7".

1. Predpokladajme, že stroj je nastavený na referenčný bod a pracovný bod sme definovali na kraj papiera hodnotou $Z=0$, a že prázne puzro pera je je pri stole. Posuňme os Z smerom hore o 5" a vložme modré pero. Napíšme číslo nástroja „1”- do *Tool number* DRO, potom zapneme spínač *Offset On/Off* do polohy *On*. Posuňme os Z smerom dole, kým sa nedotkne papiera. V DRO osi Z prečítame hodnotu 2,7, keď že pero o túto hodnotu vyčnieva z držiaka. Teraz klikneme na *Touch* (dotyk) . Táto hodnota (2,7") sa uloží k nástroju č. „1”- ako hodnota posunu osi Z. Po kliknutí na *Offset On/Off* svieti LED a tým je potvrdený tento posun. A v DRO osi Z je hodnota 0. Štvorec podľa predchádzajúceho príkladu je možné teraz nakresliť.



7.6. Obrázok – Čelna freza

2. Teraz ideme na červené pero. Takže opäť dvihneme os na hodnotu $Z=5$ vybereme modré pero a vložíme červené. Samozrejme výmena nemala vplyv na doterajšie nastavenia DRO. Teraz vypneme LED ku – posun a vyberme nástroj č.2 – posuňme os na papier a stlačme *Touch* (Dotyk) . Tým bude nastavený posun nástroja č. 2 na hodnotu 3,2" Zapneme *On- Offset On/Off* pre nástroj č. 2. a objaví sa v DRO hodnota $Z=0$ a môžeme nakresliť červený obdĺžnik.

3. Teraz, keď nástroj č.1 a č.2 máme nastavený, tak ich môžeme jednoducho vymieňať toľkokrát, koľko chceme. A vždy dostaneme presné koordináty vždy po výmene nástroja a prepnutí. Toto prepnutie je možné vykonať v programe (T-slovo, M6, G43 a G49), ako aj v obrazovke *Program Run* (beh programu) a príslušnom DRO.

7.3.2. Nezamerateľné nástroje.

Niektoré upínače nástrojov nevedia nástroj uchytiť vždy na to isté miesto. Ale aj pri týchto je potrebné nastaviť nejaké odsunutie. V takom prípade musíme nastavenia opakovať po každej výmene.

7.4. Uchovanie hodnôt odsunutia.

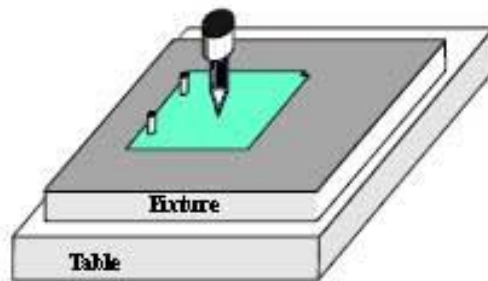
254 prác a ich hodnoty odsunutia Mach3 uchováva v jednej tabuľke a 255 nástrojov a ich odsunutia sú v druhej tabuľke. Tieto je možné zobrazíť kliknutím na tlačítka *Work Offsets Table* (práce) a *Tool Offsets Table* (nástroje)

Bežne sa Mach3 snaží spomenúť si na všetky pracovné odsunutia. Keď po jednom programe spustíme ďalší. Program pri uzatváraní sa nás spýta, či chceme skontrolovať upravené hodnoty. Toto je možné zmeniť na automatickú funkciu v *Config>State*

Napriek automatickému ukladaniu dát, môžeme používať funkciu *Save – Uložiť* aby sme si skontrolovali uložené nastavenia.

7.5. Prípravky na výrobu rovnakých obrobkov.

Teraz si predstavme, že chceme tento obrázok nakresliť na veľa papierov. Je problém umiestniť papier stále na to isté miesto. Pre tento účel je dobré použiť dosku s dierkami do ktorých sa vkladajú ihly . Takéto ale aj iné prípravky sa bežne používajú v strojárskych dielňach. Niečo podobné je na obr. 7.7. Samozrejme tu treba počítat s hrúbkou prípravku a tomu prispôbiť nastavenia. Potom už nám nič nestojí v ceste aby sme iba vymieňali papiere.



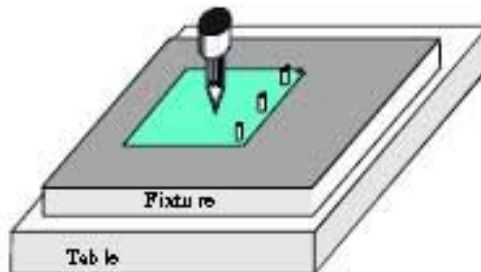
7.7. Obrázok. Prípravok s dvoma ihlami

7.6. Stanovenie „dotyku“

7.6.1. Frézy

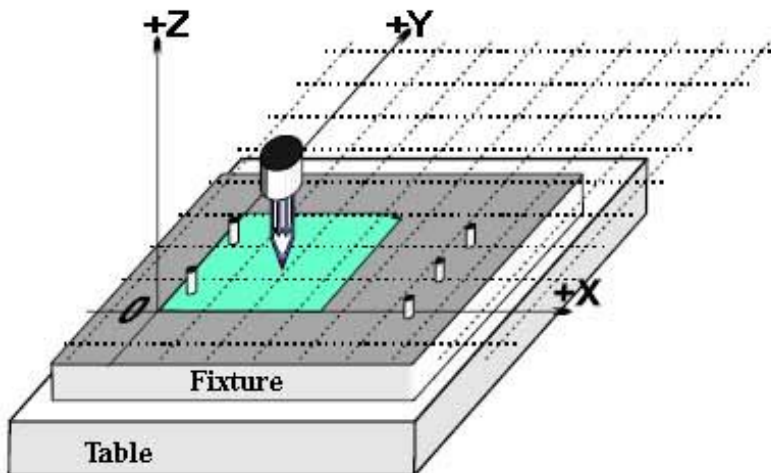
Pri ručnom stroji nie je problém stanoviť, kedy sa nástroj dotkne materiálu. Je to za pomoci merítka, kusu papiera a pod. Obr.7.10

Hrúbku merítka môžeme zadať v obrazovke *Offset* (Posun) v DRO *Touch Correction* (dotyková korekcia) – zapína sa kliknutím na *On/Off* (zap/vyp). V prípade, že túto funkciu použijeme, tak to bude zohľadnené pri nastavovaní. Že funkcia je aktívna, na to nás upozorňuje blikajúca LED-ka. .



7.8. Obrázok. Prípravok s tromi ihlami.

7.9. Obrázok Dvojitý prípravok.



Príklad: v DRO osi Z je -3,518"- 0,1002"- a ľahkom vysunutí merítka napíšeme 0,1002- do *Touch Correction* (dotyková korekcia) , „1"- napíšeme do *Current Work Offset* (pracovný posun) , Zapneme korekciu a klikneme na Touch pre *Part Z Offset* . Na tento pokyn sa do DRO osi Z zapíše hodnota Z=0,1002 (čiže riadený bod je na 0,1002-1) hodnota Z bude teda -3,6182 .

Lepším riešením je, keď máme po ruke vhodný prípravok valcového tvaru, ktorý je samozrejme úplne presný. Ten sa potom snažíme guľaním dostať medzi frézu a materiál pri posune smerom hore. Takto sa vyhneme poškodeniu nástroja

7.6.2. Zameranie kontúry.

Veľmi ťažké je zameranie kontúry v osi X a Y, pretože fréza má väčšinou nerovnomerný priemer. Preto je vhodné použiť prípravok ako je na obrázku č. 7.11

Tu je práve veľmi dobré využiť funkciu *Touch Correction* (dotyková korekcia) . Pri použití merítka je postup podobný ako pri osi Z – rozdiel je len v tom, že táto hodnota korekcie je zjednej strany kladná hodnota a zdruhej záporná.



7.11. Obrázok. Zameranie kontúry v osi X



7.10. Obrázok. Posun osi Z stanovaný pomocou merítka

7.7. Posuny G52 a G92

Pokyny G52 a G92 – sú ďalšie dve možnosti na to aby sme riadený bod posunuli.

Keď Machu zadáme pokyn G52, tak mu vlastne povieme aby posunul riadený bod o stanovenú hodnotu, ktorú mu zadáme.

Keď použijeme pokyn G92, tak vlastne povieme Machu aby tieto zadané hodnoty boli riadenými hodnotami..

Ani jeden s týchto pokynov /G52, a G92/ nepohne nástrojom, Iba nastaví iné koordináty pre posun od 000-bodu.

7.7.1. Použitie G52

Príklad na použitie G52. Chceme nakresliť dva rovnaké obdĺžniky na roznych miestach. Prvý bude mať roh na: $X=0,8$, $Y=0,3$.

G20 F10 G90	(Miera, rýchlosť a pod.)
G0 Z2.0	(zdvih pera)
G0 X0.8 Y0.3	(posun k rohu obdĺž.)
G1 Z0.0	(spustenie pera)
Y1.3	(G1-)
X1.8	
Y0.3	(nakreslanie obdĺžnika)
X0.8	
G0 X0.0 Y0.0 Z2.0	(dvihnutie a vrátenie sa pera)

Roh druhého obdĺžnika bude v bode $X=3,0$ $Y=2,2$, Tu je možné vidieť použitie G52 pred kreslením druhého obdĺžnika.

G20 F10 G90	(Miera, rýchlosť a pod.)
G0 Z2.0	(zdvih pera)
G0 X0.8 Y0.3	(posun k rohu obdĺž.)
G1 Z0.0	(spustenie pera)
Y1.3	(G1-)
X1.8	
Y0.3	(nakreslanie obdĺžnika)
X0.8	
G0 Z2.0	(dvihnutie pera)
G52 X2.2 Y2	(dočasný presun k druhému bodu)
G0 X0.8 Y0.3	(Posun k rohu obdĺž.)
G1 Z0.0	(spustenie pera)
Y1.3	
X1.8	
Y0.3	(nakreslenie obl.)
X0.8	
G52 X0 Y0	(vypnutie dočasného presunu.)
G0 X0.0 Y0.0 Z2.0	(dvihnutie pera a návrat.)

Kopírovanie kódov nie je veľmi elegantné, ale je možné často používané kódy uložiť do g-kod podprogramu (pozri M98 a M99), A viac krát ho otvoriť – v tomto prípade dvakrát.

Tieto pokyny je vidno v nasledovnom príklade, kde je vidno jednotlivé G52 príkazy ako aj M98 a M99.

G20 F10 G90	(Miera, rýchlosť a pod.)
G52 X0.8 Y0.3	prvý obdĺžnik
M98 P1234	Vyvolanie podprogramu pre prvý obdĺžnik

G52 X3 Y2.3	druhý obdlžnik
M98 P1234	Vyvolanie podprogramu pre druhý obdlžnik
G52 X0 Y0	Dôležité – zrušenie posunov G52
M30	späť na začiatok
O1234	štart podprogramu
G0 X0 Y0	(posun k rohu obdlž.)
G1 Z0.0	(spustenie pera)
Y1	(G1-)
X1	
Y0	(nakreslenie obdlžnika)
X0	
G0 Z2.0	(dvihnutie a vrátenie sa pera)
M99	(návrat z podprogramu)

7.7.2. Použitie G92

Najjednoduchší príklad použitia G92 je keď vynulujeme hodnotu X a Y ale nastaviť môžeme aj inú hodnotu. Najjednoduchší spôsob ako zrušiť že zadáme G92.1 do ručne zadávaného (MDI).

7.7.3. Pozor na G52 a G92

V prípade, keď chceme posúvať viacero osí, musí obsahovať slovo pre os jednu hodnotu.

Mach3 používa rovnaký vnútorný algoritmus pre posuny G52 a G92, preto je malý rozdiel pre výpočet posunu pre X, Y a Z. Keď použijeme spolu G52 a G92 – spôsobí to problém a povedie ku katastrofe. Keď to chceme naozaj vyskúšať, musíme pochopiť ako pracujú. Nastavme niektorý posun k niektorému ovládanému koordinátu nap. X=2,3 a Y=4,5. Predpovedáme výslednú absolútnu hodnotu strojného koordinátu a skontrolujeme je tak, že sa prepne do zorazenia strojných koordinátov.

Po tejto skúške nazabudnime vymazať posuny.

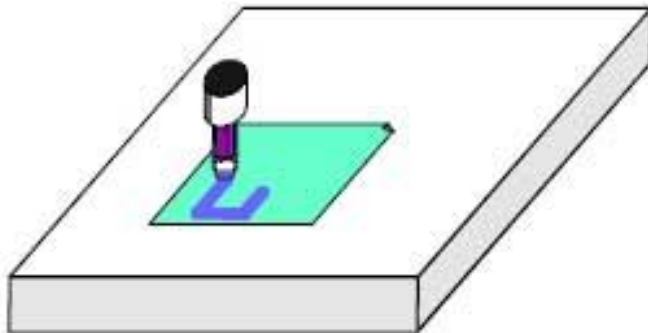
Upozornenie! Takmer všetko, čo sa dá dosiahnuť G92 je lepšie urobiť presunutím pracovného bodu alebo za pomoci G52. Keďže G92 je závisí od toho, kde je pracovný bod a od toho aká sú osi v programe prebiehajú zmeny, ktoré môžu viesť aj k poškodeniu programu

Veľa užívateľov pokladá tieto nastavenia za ťažké a preto sa stáva, že a nástroj zlomí v horšom prípade sa poškodí stroj.

7.8. Priemer nástroja.

Predpokladajme, že štvorec, ktorý sme kraslili sa bude frézovať a fréza bude hrubšia, logicky diera, ktorú chceme vyfrézovať bude väčšia ako ju máme nakreslenú.

Tento problém je jednoduché riešiť, keď si kresbu pripravujeme sami. Buď s tým počítame a podľa toho kreslíme štvorec, alebo v CAD/CAM programoch sa stretáme s funkciou, ktorá nám to umožní korigovať. Problém nastáva, keď dostávame hotový návrh a ten kto ho kreslil nevedel aký nástroj použijeme. V tomto prípade je užitočné, že Mach3 umožňuje v nástrojovom programe zadať prieme ako aj korigovať podľa toho dráhu. Tomu sa ešte budeme venovať v korekciách frézovania.



7.12. Obrázok. Nástroj s veľkým priemerom

8. DXF, HPGL a obrazový import.

Tato kapitola poskytnuta od janča - <http://www.cnc-hobby.eu> (bez korektur textu, pouze formátováno)

Táto kapitola sa zaoberá importom súborov a ich úpravou na strojný kód – teda G-kód. Predpokladáme, aspoň základnú znalosť G-kódu

8.1. Úvod.

Ako vidno Mach3 používa na riadenie nástroja tzv. obrábací program. Tento obrábací program je možné písať rukou (napr. spiral.txt), alebo ho môžete generovať pomocou programu CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) .

Impor súborov DXF, HPGL, BMP alebo JPEG je vlastne nejakým stredným riešením. Je to jednoduchšie ako ručné písanie ale umožňuje menej možností riadenia ako CAD/CAM.

Základom automatického riadenia su súbory DXF a HPGL .

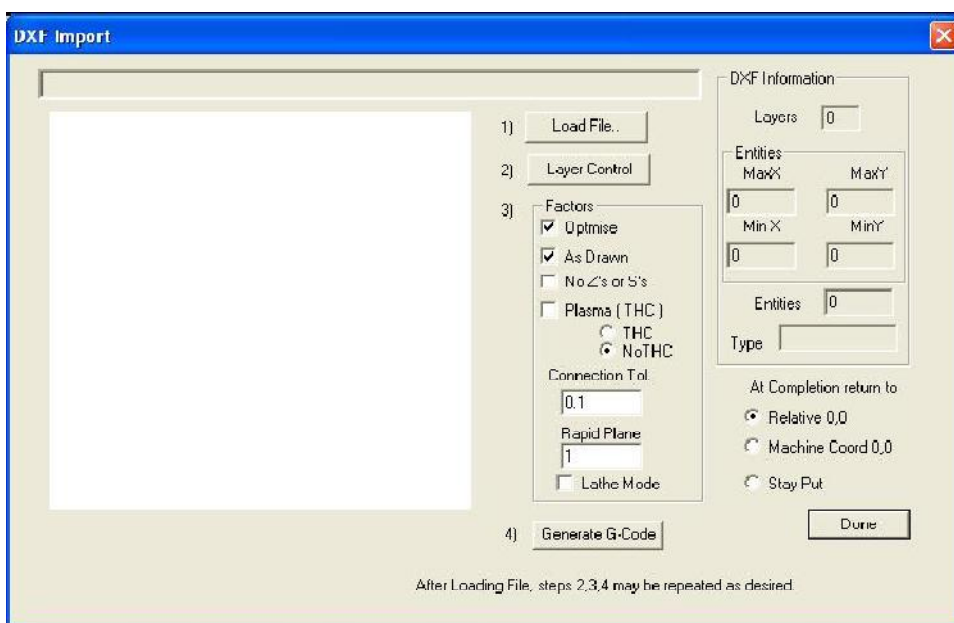
8.2. DXF import

Väčšina CAD programov umožňuje výstup vo formáte DXF aj keď tieto nie sú identické s tými, ktoré poskytujú CAD aplikácie. Tento formát umožňuje Import do Mach3, pričom je možné zadať určité hodnoty pre jednotlivé krivky – napr rýchlosť, hĺbka a pod. Najvhodnejši na takúto tvorbu je program Corel draw

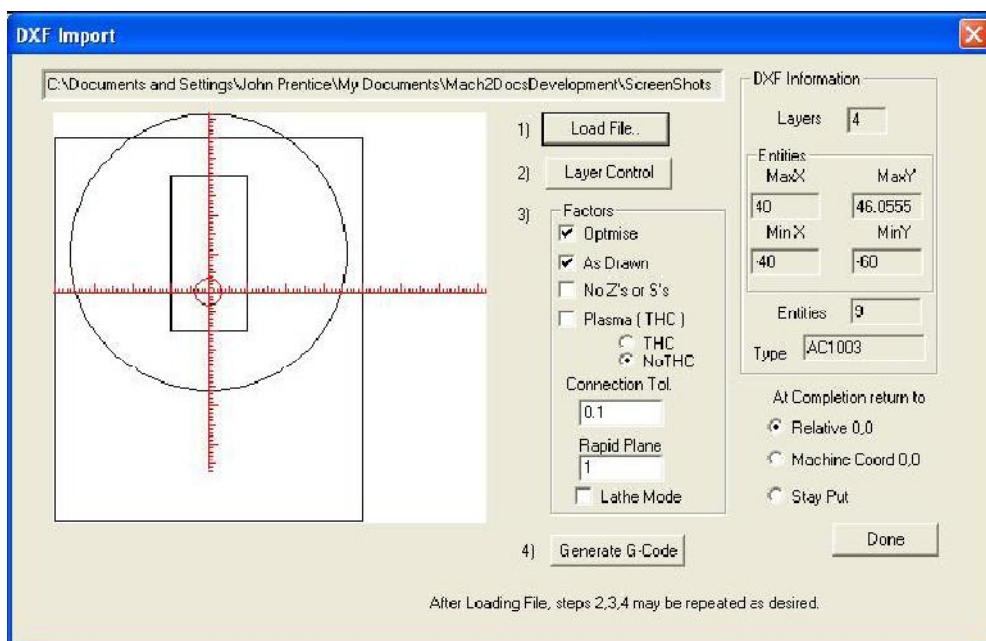
Pri importe môžete jednotlivé, riadky optimalizovať tak ako Vám to vyhovuje.

8.2.1. Import súboru

Tu sú zobrazené štyri kroky importu. Prvý je príjem dát v súbore DXF - *Load File* (Po kliknutí na toto tlačítko sa ukáže dialogové okno. Na obr. 8.2. je vidno už otvorený súbor.



8.1. Obrázok. DXF import komunikačné okno

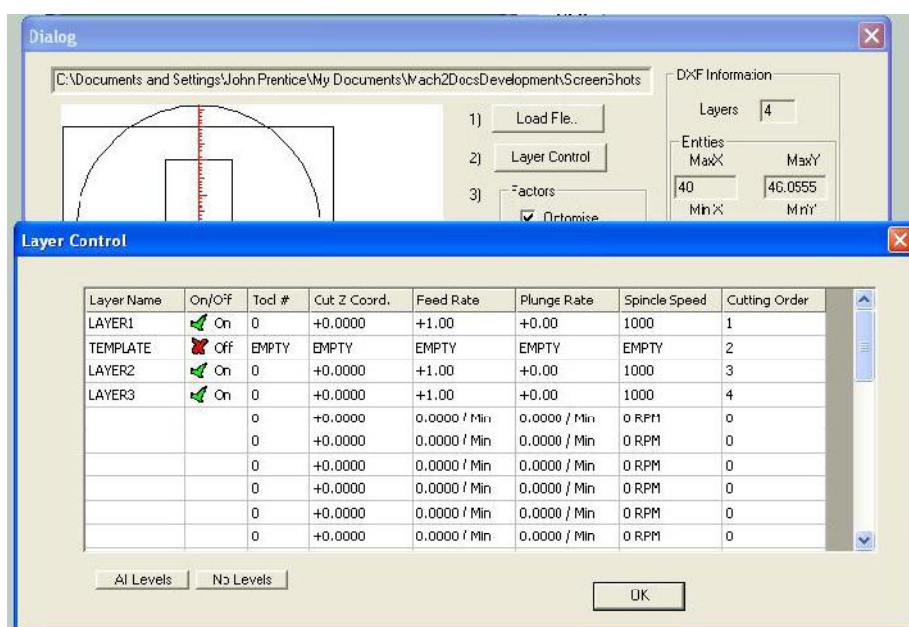


8.2. Obrázok. Kresba s 8 priamkami a 1 kruh.

8.2.2. Nastavenie pokynov

V nasledujúcej fáze môžeme stanoviť ako sa bude správať stroj pri práci po kliknutí na *Layer Control* sa objaví nasledujúce okno. Obr. 8.3.

Je možné zapnúť tie vrstvy /riadky/, ktoré chceme urobiť. Je tu možné zadať – nástroj, hĺbka rytia, rýchlosť rytia, rýchlosť pri zarytí, rýchlosť obrábacieho motora (len v prípade, keď je riadení pokynmi step/dir alebo systémom PWM), a poradie riadkov. Dôležité je si uvedomiť, že hĺbka je negatívna hodnota, pričom Z=0=úroveň materiálu/obrobku



8.3. Obrázok. Nastavenie riadkov.

Poradie obrábania je vtedy dôležité, keď napríklad chceme niečo vygravírovať a potom to vyfrézovať.

8.2.3. Možnosti konvertovania.

V nasledujúcej fáze môžeme vybrať konvertovanie. – obr. 8.2 a 8.3

DXF Information (DXF informácie): Podáva bežné info o súbore.

Optimise (Optimalizovanie): Pokiaľ nepoužijeme túto funkciu – jednotlivé kroky / priamky, krivky a pod./ budú urobené v takom poradí ako ich obsahuje súbor. V prípade použitia bude poradie optimalizované a to s ohľadom na presuny a výmenu nástrojov.

As Drawn (podľa kresby): Pri použití bude kresba umiestnená podľa koordinátov kresby. Keď nie – obrázok sa umiestni na ľavý spodný okraj.

Plasma mode (Plazma mód): Použitie má za následok, že pri presúvni nástroja nad obrobkom sa obrábací motor /plazma, laser a pod./ vypína. .

Connection Tool (Pripojenie): Dve krivky sa spoja, keď vzdialenosť medzi nimi je menšia ako tu udaná hodnota..

Rapid plane (Rýchly posun): Tu sa definujú hodnoty pre presun medzi jednotlivými krivkami.

Lathe mode (Sústruhový mód): V tomto prípade sa vodorovné čiary os X prekódujú na Z, A zvislé Y na X – toto sa udeje v G-kóde – program predpokladá v tomto prípade, že nakreslená bola hriadeľ. Správne zobrazenie sa nám ukáže v programe Mach3Turn.

8.2.4. Generovanie G-kódu

Štvrtým krokom je generovanie G-kódu, ktorý môžeme aj uložiť. *Generate G-code*

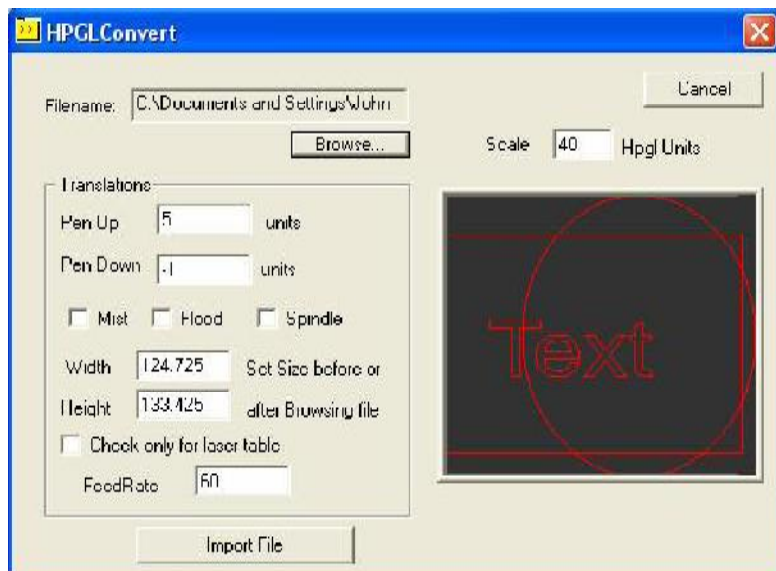
Týmto sa príprava končí a súbor môžeme odoslať tlačítkom *Done* (dokončené)

Pripomienky:

- Generovaný G-kód obsahuje údaj o presúvacej rýchlosti. Je možné ho zadať aj ručne.
- DXF je vhodný na rezanie plazmou alebo lasetom, kde priemer nástroja je veľmi malý.
- Pri frézovaní je potrebné ručne zadať ešte pri vytváraní kresby, pretože krivka tvorí stred frézovanej ryhy.
- DXF súbor neobsahuje možnosť na vyfrézovanie vnútra určitého napríklad kruhu. Moja poznámka: riešim to tak, že v Corely použijem funkciu efekty – kontúra – do stredu. CAD programy obsahujú funkciu pre výplň ale podľa mojich skúseností je to pomalší spôsob.
- Keď súbor DXF obsahuje text – nie vždy je možné ho dobre spracovať. Záleží na tom v akom programe bol vytvorený a či je v krivkách alebo bitmapoch.

8.3. Import HPGL súborov

HPGL súbory obsahujú krivky nakreslené jedným alebo viacerými perami. Mach3 ku každému peru prideli rovnaké obrábanie. HPGL môžeme vytvoriť s väčšinou CAD programov a často môžu byť označené ako.HPL alebo .PLT.



8.4. Obrázok. HPGL import - úpravy

8.3.1. Vlastnosti HPGL

Súbor HPGL sa nezobrazuje tak presne ako DXF

Import je podobný ako pri DXF.

8.3.2. Výber importovaného súboru.

Na obr. 8.4 je práve toto importné okno.,

V prvom rade treba vybrať *Scale* (krok), Je to typické a je to vlastne miera, ktorá má za následok zväčšenie alebo zmenšenie objektu. Táto hodnota je väčšinou 40 HPGL per milimeter alebo 1016 per units..

Teraz napíšeme meno súboru alebo začneme prehľadávať. (*Browse*). Je dobré tieto súbory mať uložené s príponou.HPG

8.3.3. Parametre Importu.

Keď sa súbor otvorí zobrazia sa rozmery. Tieto rozmery sú už upravené mierou, ktorú sme pred tým zadali. Aj keď nás vyzíva aby sme si tieto miery upravili podľa potreby, je lepšie s nimi počítať už pri kreslení. .

Pen Up (pero hore) a *Pen Down* (pero dole) – tieto pokyny platia pre os Z – je to v miere, ktorú používa Mach3. Pričom pokyn pero dole udáva hĺbku rytia.

Keď použijeme mód *Check only for laser table* G-kód bude obsahovať pokyn aby os Z bola stále hore.

Feedrate (rýchlosť presúvania) sa tiež dostane do G-kódu. G-kód elejére.

8.3.4. Písanie G-kódu

Po týchto nastaveniach klikneme na Import File, aby sa dáta importovali do Mach3. Tým sa umožní uloženie G-kódu – meno by malo obsahovať príponu .TAP.

Poznámky:

- Pri importe je pozastavený Mach3. Toto zistíme keď sa náhodou preklikneme. V takomto prípade sa môžeme vrátiť do okna Import za pomoci Windows.
- Keď sme už nainportovali súbor .TAP, tak už ho nie je možné pozmeniť. V tomto prípade môžeme len zopakovať import.
- Väčšinou je dobré použiť metrickú mieru v celom procese.
- Keď je zapnuté „Laser Table” , tak je dobré skontrolovať, či pokyny M3/M5 zodpovedajú správne začiatku a koncu rezania.

8.4. Import bitového obrázku (BMP a JPEG)

S touto možnosťou môžeme importovať obrázky a k nim vytvoriť G-kód, tak aby rôznym odtieňom zodpovedala rôzna hĺbka rytia. Toto má za následok fotorealistické gravírovanie.

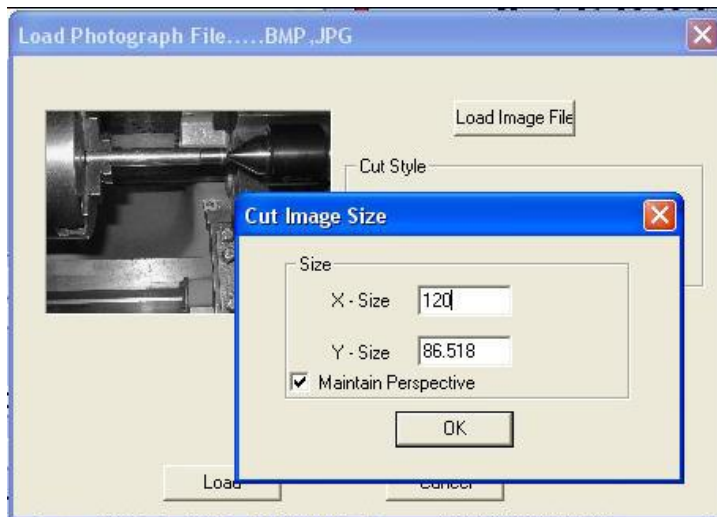
8.4.1. Výber importovaného súboru.

Import je dosiahnuteľný po výbere *File>Import HPGL/BMP/JPG - JPG/BMP*.

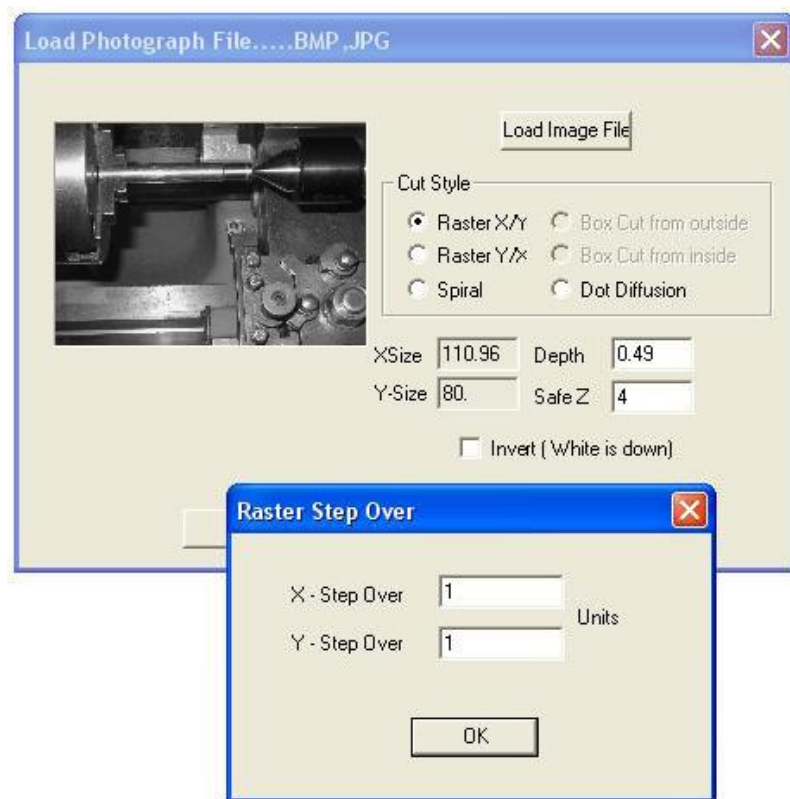
V prvom kroku vyberieme vhodný obrázok - *Load Image File*. Keď ho máme otvorený, stanovíme rozmery. Toto okno je na obrázku 8.5. *Maintain Perspective* (Uchovanie náhľadu) – keď použijeme túto funkciu, stačí zadať jeden rozmer a druhý sa vypočíta automaticky. Keď je fotografia farebná pri importe sa zmení na čiernobielu.

8.4.2. Výber typu rendrovania

V nasledujúcom okne vyberieme spôsob posúvania nástroja – ten môže byť. *Raster X/Y* – fréza bude chodiť po osy X, *Raster Y/X* – tu bude chodiť po osy Y a funkcia *Spiral* dá pokyn na špiálovité frézovanie smerom do stredu..



8.5.Obrázok. Rozmery importovanej fotografie.



8.6. Obrázok. Definovanie miery

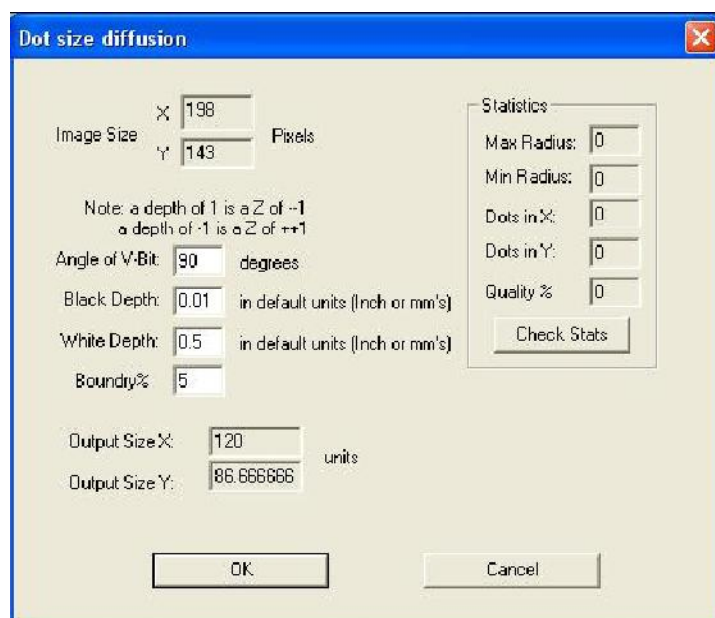
8.4.3. Výber rastra

Po výbere rastra sa nám objaví okno, *Step Over* (krokovanie) obr. 8.6. – táto miera nám určí vzdialenosti rastra t.j. po akom kroku sa bude fréza posúvať. Keď vyberieme malú vzdialenosť a malú frézu – obraz bude kvalitný, ale bude sa robiť veľmi dlho. Keď vyberieme veľkú vzdialenosť tak to bude naopak. Preto je vhodné nájsť tú optimálnu

8.4.4. Bodovanie (diffúz)

Keď zvolíme bodovanie (diffúz), je potrebné zvoliť iné nastavenia. Hĺbka zarytia jednotlivých bodov je daná odtieňom. Na tento úkon musí byť obrázok vhodne upravený. Parametre sa zadávajú v tabuľke na obr. 8.7. Štatistiku je možné urobiť za pomoci funkcie *Check Stats*, toto nám pomôže pri zadávaní parametrov..

Teraz, keď máme nastavenia hotové, treba ešte nastaviť *Safe Z* (Bezpečnosť Z), je to hodnota dvihnutia nástroja, a okrem toho je potrebné stanoviť aby sa bododovali biele plochy alebo čierne.



9.7. Obrázok. Parametre bodovania.

8.4.5. Písanie G-kódu

Nakoniec klikneme na *Convert* aby sa dáta naimportovali do Mach3. Postup je taký istý ako pri ostatných importoch.

Poznámky:

Toto bodovanie kladie vysoké nároky na os Z, preto je potrebné venovať zvýšenú pozornosť aj motoru.

9. Kompenzace průměru nástroje

Kompenzace průměru nástroje je funkcí Mach3, kterou mnohokrát nevyužijete. Většina CAD/CAM programů se při tvorbě G-kódu dotáže na průměr nástroje, který budete používat pro obrábění vnějších profilů nebo vnitřních kapes, které jste navrhli již na tyto průměry. Vzhledem k tomu, že CAD/CAM software má lepší celkový pohled na tvary, které je třeba frézovat, jistě musí být schopen "odevzdat" lepší práci než Mach3, který se snaží zabránit podříznutí v ostrých vnitřních rozích.

Nastavení kompenzace v Mach3 Vám umožní:

- (a) Použít nástroj s jiným průměrem než bylo programováno
- (b) Používat part-programy, ve kterých jsou programovány místo trajektorií os nástrojů výsledné profily (patrně psané ručně)

Avšak, vzhledem k tomu, že kompenzace není triviální, je v této kapitole popsáno, jak by jste měli s touto funkcí zacházet.

Tato funkce je ve vývoji a může být v dalších verzích v některých aspektech pozměněna.

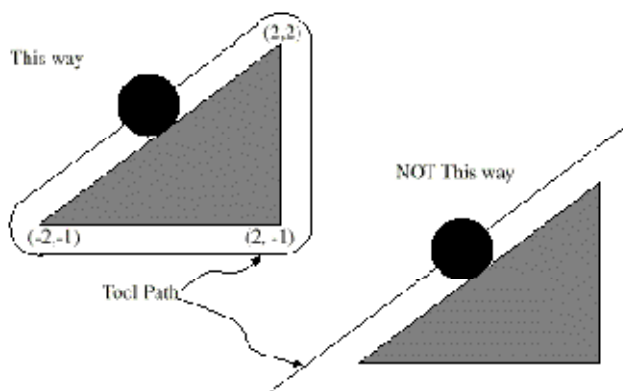
9.1. Úvod do kompenzace nástroje

Jak jsme se dočetli v předchozích kapitolách, Mach3 řídí pohyb tzn. řídícího bodu. V praxi však žádný nástroj (vyjma snad stopkové kuželové frézy) nemá nulový pracovní průměr, takže řez bude ve skutečnosti jinde než v místě řízeného bodu.

Obecně je nejjednodušší spolehnout se Váš CAD/CAM software, který tuto skutečnost vezme v potaz při obrábění vnitřních kapes či vnějšího profilu.

Přesto však Mach3 má implementovány výpočty pro kompenzaci nástroje daného průměru (rádiusu). V průmyslových aplikacích je na tuto vlastnost řídicích programů kladen mnohem větší důraz, neboť např. po přebroušení může mít nástroj jiný průměr než bylo uvažováno při psaní programu. Kompenzace nástroje je pak aplikována přímo operátorem obráběcího stroje, než aby bylo nutné psát jiný program.

V podstatě uvedený problém lze jednoduše řešit. Vše, co musíte učinit, je posunout trajektorii řízeného bodu o zvolenou velikost kompenzace aproximací souřadnic X a Y. Jednoduchou trigonometrií získáte dílčí vzdálenosti posunu X a Y v závislosti na směru pohybu.



Obrázek 9.1 – Dva způsoby obrábění trojúhelníka

V praxi to však není tak jednoduché. Je zde několik obtíží, nicméně tou hlavní je fakt, že stroj musí ustavit výškovou polohu nástroje (souřadnice Z) před započítáním obrábění, a v tomto místě program nezná směr, kterým se nástroj bude posléze pohybovat. Uvedený problém lze řešit tak, že se provedou tzn. kontrolní pohyby, které se většinou dělají na zbytkovém materiálu popř. v tom místě obrobku, který bude následně odfrézován. To zajistí, že výpočty kompenzace lze provést před vlastním obráběním vnějších obrysů upnutého obrobku. Výběr dráhy nástroje, která hladce zajíždí do materiálu při obrábění má také velký vliv na výslednou kvalitu povrchu. Často se používá i výběhový pohyb při dokončování řezu, aby byla dodržena požadovaná kvalita řezu po celém obvodu.

9.2. Dva druhy kontur

Mach3 podporuje kompenzaci pro dva typy kontur:

- Kontura daná v part-programu je hrana materiálu, která nesmí být odfrézována. Tuto konturu nazýváme "kontura hrany materiálu". Většinou se vyskytuje u ručně psaných part-programů.
- Kontura v NC kódu definuje trajektorii osy nástroje s přesně daným průměrem. Tuto konturu nazýváme "kontura trajektorie nástroje", a ta se vyskytuje nejčastěji v programech generovaných CAD/CAM softwaru.

Interpreter nemá žádné nastavení, kterým by se definovalo, jaký typ kontur bude používán, nicméně numerické vyjádření kontury bude samozřejmě u obou typů pro identickou geometrii odlišné, rovněž se bude lišit i pro různé průměry použitých nástrojů.

9.2.1. Kontura hrany materiálu

Pokud je kontura hranou materiálu, vnější tvar obrobku je dán přesně part-programem. Pro tento typ kontury je při výpočtu kompenzace brána hodnota průměru nástroje z tabulky nástrojů. Hodnota v tabulce musí být kladná. NC kód pro kontury materiálu bude stejný pro libovolný použitý průměr nástroje.

Příklad:

Uvádíme NC program, který frézuje trojúhelník zobrazený na obrázku 9.1. V tomto příkladě je rádius kompenzace roven rádiusu použitého nástroje, který je 0.5". Hodnota průměru frézy z tabulky nástrojů je dvojnásobek radiusu = 1.0"

N0010 G41 G1 X2 Y2	(zapnutí kompenzace a výchozí pohyb)
N0020 Y-1	(frézování pravé strany trojúhelníka)
N0030 X-2	(frézování spodní hrany trojúhelníka)
N0040 X2 Y2	(frézování přepony trojúhelníka)
N0050 G40	(vypnutí kompenzace)

Výsledná dráha nástroje skládající se z vstupního pohybu (najeť do záběru) a trajektorie zobrazené vlevo jde ve směru hodinových ručiček kolem trojúhelníka. Povšimněte si, že souřadnice trojúhelníka se objevily v NC kódu a rovněž si všimněte, že výsledná dráha obsahuje tři oblouky, které evidentně nebyly programovány - ty jsou generovány automaticky.

9.2.2. Kontura trajektorie nástroje

Pokud je kontura konturou trajektorie nástroje, pak trajektorie je naprogramována v part-programu. Očekává se, že (vyjma najetí do záběru) trajektorie byla naprogramována tak, aby vytvořila nějaký výsledný tvar. Cestu nástroje lze programovat ručně nebo s využitím CAD/CAM softwaru, a to na základě geometrie vyráběného dílu. Aby v Mach3 tento typ kontur fungoval správně, trajektorie nástroje musí být taková, aby nástroj byl neustále v kontaktu s hranami geometrie dílu, jak je zobrazeno v levé části obrázku 9.1.

Pokud je trajektorie takového typu, jak je naznačeno v pravé části obrázku, kde nástroj nezůstává po celou dobu v kontaktu s obrysem, interpreter není schopen provádět kompenzaci správně, pokud je použito nástroje s menším průměrem.

Pro konturu trajektorie nástroje pak hodnota použitá pro kompenzaci je malá kladná hodnota, pokud je použit nástroj s větším průměrem, než je průměr nástroje, na který byl part-program generován, a naopak pokud je hodnota kompenzace záporná, pak je použit nástroj s průměrem menším. Jak je implementováno, pokud je průměr nástroje záporný, interpreter provádí kompenzaci na opačné straně naprogramované kontury. Pokud má použitý nástroj správný průměr, pak hodnota kompenzace je nulová.

Příklad na konturu trajektorie nástroje

Předpokládejme průměr nástroje ve větenu 0.97" a průměr nástroje, pro který byl part-program generován, byl 1.0". Pak hodnota v tabulce nástrojů pro průměr aktuálně použité frézy musí být -0.03". Zde je NC program, který vyfrézuje již dříve uvažovaný trojúhelník.

```
N0010 G1 X1 Y4.5          (výchozí pohyb)
N0020 G41 G1 Y3.5          (zapnutí kompenzace a najetí do obrobku)
N0030 G3 X2 Y2.5 I1        (druhý vstupní pohyb)
N0040 G2 X2.5 Y2 J-0.5     (frézování podél oblouku na horní straně)
N0050 G1 Y-1              (frézování pravé strany)
N0060 G2 X2 Y-1.5 I-0.5    (frézování spodního oblouku na pravé straně)
N0070 G1 X-2              (frézování spodní strany)
N0080 G2 X-2.3 Y-0.6 J0.5  (frézování spodního oblouku na levé straně)
N0090 G1 X1.7 Y2.4         (frézování přepony trojúhelníka)
N0100 G2 X2 Y2.5 I0.3 J-0.4 (frézování horního oblouku)
N0110 G40                 (vypnutí kompenzace)
```

9.2.3. Programování najetí do záběru

Obecně je třeba používat pohyby pro najetí do záběru, pokud je používána kompenzace. Nástroj by měl být nejméně o jeden svůj průměr vzdálen od konečného obrysu, než je zahájeno najetí do materiálu.

10. Mach3 – referenční příručka G- a M-kódů

Tato kapitola definuje jazyk (G-kódy atd.), které jsou rozpoznány a interpretovány Machem3.

Některé funkce, které jsou definovány pro obráběcí stroje v architektuře NIST NMC (Next Generation Controller), ale zatím nejsou podporovány Machem3, jsou v textu označeny šedě. Pokud by byla pro Vás funkčnost těchto dílčích částí nezbytná, dejte prosím vědět ArtSoftu. Zařadíme Váš požadavek do plánu rozvoje.

10.1. Názvosloví

10.1.1. Lineární osy

Osy X, Y a Z vytvářejí standardní pravotočivý souřadný systém pravoúhlých lineárních os. Polohy tří lineárních polohovacích mechanismů jsou následně vyjádřeny právě s použitím souřadného systému os X, Y a Z.

10.1.2. Rotační osy

Poloha rotačních os je měřena ve stupních, jako by se stočily lineární osy, ve kterých je směr kladné rotace - proti směru otáčení hodinových ručiček (dále jen anglická zkratka **CCW**) - pokud se díváme z kladného konce korespondující osy X, Y či Z. "Stočená" lineární osa je myšlena tak, že ta, na které se úhlová poloha zvětšuje bez omezení (jde do plus nekonečna), se otáčí ve směru **CCW** a zmenšuje bez omezení, pokud se otáčí ve směru otáčení hodinových ručiček (dále jen **CW**). "Stočené" lineární osy se používají bez ohledu na to, jsou-li nějak mechanicky omezeny v otáčení nebo nikoliv.

Směr otáčení (**CW** či **CCW**) se vždy určuje z pohledu obrobku. Pokud je obrobek upnut na otočném stole, který lze považovat za rotační osu, pak otáčení **CCW** z pohledu obrobku docílíme rotací stolu v takovém směru, který se jeví vnějšímu pozorovateli jako rotace **CW**.

10.1.3. Měřítkové faktory

Pro každou osu je možné nastavit měřítkové faktory. Ty budou aplikovány na hodnoty souřadnic X, Y, Z, A, B, C, I, J a R, kdykoliv jsou zadány. To dovoluje měnit velikost obráběných tvarů popř. tvary zrcadlit (při zadání záporných hodnot měřítka).

Aplikování nastavených měřítkových faktorů je vždy první operací, která se provádí se zadanými hodnotami či parametry. Hodnoty jako kupř. posuvy jsou vždy založeny na měřítkových faktorech.

Offsety uložené v tabulkách nástrojů či pracovních souřadných systémech však měřítkových faktorům nepodléhají, nicméně v případě potřeby je možné měřítka aplikovat přímo při zadávání těchto offsetů např. příkazem G10.

10.1.4. Řízený bod

Řízený bod je bod, jehož souřadnice a pohyb řídíme. Pokud je délkový offset nástroje nulový (implicitní hodnota), je to bod na ose vřetena (často nazývaný kalibrační bod) ležící nějakou pevně danou vzdáleností od konce vřetena, obvykle blízko upínače nástroje.

Polohu řízeného bodu lze posouvat po ose vřetena zadáním kladné hodnoty délkového offsetu nástroje. Tato hodnota je normálně vlastní délkou nástroje, tedy řízený bod se nachází na konci (špičce) právě používaného nástroje.

10.1.5. Koordinovaný lineární pohyb

Aby mohl být veden nástroj po definované trajektorii, obráběcí systém musí často koordinovat pohyb několika os. Používáme termín "koordinovaných lineární pohyb", pokud popisujeme takovou situaci, při které se každá osa pohybuje konstantní rychlostí a přitom pohyb všech těchto os začne a skončí ve stejný okamžik. Pokud se pohybují pouze osy X, Y a Z popř. dvě z nich, řízený bod vykonává přímočarý pohyb, odtud termín lineární. Při skutečných pohybech však není možné dodržet konstantní rychlost po celou dobu pohybu s ohledem na nutnou akceleraci na počátku a brzdění na konci pohybu. Je to však možné právě tehdy, pokud jsou všechny osy řízeny tak, že v každém okamžiku každá z os vykoná stejnou část pohybu jako ostatní. Tento způsob řízení vede nástroj po žádané trajektorii a my ho nazýváme koordinovaných lineárním pohybem.

Koordinovaný pohyb může být prováděn jak pro běžné pracovní posuvy, tak i pro rychloposuv. Pokud by fyzické omezení (např. maximální dovolené zrychlení) některé z os způsobilo, že by koordinovaný pohyb nebyl proveditelný, pak dojde ke zpomalení ostatních os tak, aby bylo dosaženo požadované trajektorie.

10.1.6. Posuv (Feed rate)

Rychlost, kterou se řízený bod pohybuje po definované trajektorii, je většinou stabilní a je nastavena dle obráběcích podmínek uživatelem. Interpret (překladač) systému zpracovává zadanou hodnotu posuvu následujícím způsobem (pokud není zvolen režim inverzního posuvu G93):

- ♦ pro pohyby zahrnující jednu či více lineárních os X, Y a Z **bez** současného pohybu některé z rotačních os, je posuv brán jako délka, kterou řízený bod urazí za jednu minutu po zadané trajektorii
- ♦ pro pohyby zahrnující jednu či více lineárních os X, Y a Z **se** současnou rotací os(y), je posuv brán jako dráha, kterou řízený bod urazí za minutu podél zadané trajektorie, kombinovaná se součinem úhlové rychlosti rotační osy, konstanty π a korekčním průměrem dané rotační osy (tedy výsledné obvodové rychlosti).
- ♦ pro pohyb jedné rotační osy, kdy se nehýbou žádné z os X, Y či Z, je posuv brán jako úhlové stupně za minutu.
- ♦ pro pohyb dvou a více rotačních os, kdy se nehýbou žádné z os X, Y či Z, je posuv vyjádřen takto. Necht' dA , dB a dC jsou úhly ve stupních, o které se osy A, B resp. C musí otočit. Necht' $D = \sqrt{dA^2 + dB^2 + dC^2}$. Koncepčně pak hodnota D vyjadřuje celkový úhlový pohyb s využitím

Eukleidovské geometrie. Necht' T je čas nutný pro pohyb po úhlové dráze D při nastaveném posuvu ve stupních za minutu. Rotační osy by se měly pohybovat koordinovaným pohybem, takže čas, který uplyne od počátku pohybu až do jeho dokončení, je T plus čas potřebný pro zrychlení a následné brzdění.

10.1.7. Pohyb po kružnici

Každý pár lineárních os (XY , XZ či YZ) lze řídit tak, aby výsledná trajektorie byla kruhovým obloukem v rovině příslušného páru os. Během popisovaného pohybu lze zbývající lineární osu případně osy rotační řídit tak, aby se pohybovaly současně s efektivně konstantním posuvem. Podobně jako u koordinovaného lineárního pohybu mohou i zde být pohyby koordinovány tak, že potřebné zrychlení a brzdění neovlivní výslednou trajektorii.

Pokud se rotační osy nepohybují, ale pohybuje se pouze třetí osa, výsledná trajektorie řízeného bodu tvoří část spirály.

Posuv během této tzv. **kruhové interpolace** již byl vysvětlen výše. V případě spirálového pohybu je pak posuv vztažen na délku spirály. U jiných systémů však mohou být použity jiné interpretace, tedy je nutné být opatrný.

10.1.8. Chlazení

Kapalinové chlazení či chlazení mlhou lze zapnout nezávisle. Vypínají se současně.

10.1.9. Prodleva

Obráběcímu systému lze zadat příkaz k prodlevě tzn., že se žádná z os nehýbe po stanovenou dobu. Nejobvyklejším důvodem pro vřazení prodlev je odvod špon popř. rozběh vřetena. Jednotky definující velikost prodlevy jsou buď vteřiny nebo milisekundy v závislosti na nastavení systému.

10.1.10. Jednotky

Jednotky použité pro odměřování vzdáleností v osách X , Y a Z mohou být buď milimetry nebo palce. Ostatní jednotky použité v systému však nelze měnit. Rychlost otáčení vřetena je v otáčkách za minutu, poloha rotačních os se udává ve stupních, velikost posuvu v aktuálních délkových jednotkách za minutu atp.

Varování: Doporučujeme Vám velmi opatrně zkontrolovat, jak systém reaguje na změnu jednotek při provádění part-programu ve vztahu k tabulce nástrojů resp. zadaných offsetů nástrojů!

10.1.11. Aktuální poloha

Řízený bod je vždy v nějaké poloze nazývané aktuální poloha, kterou Mach3 vždy zná. Čísla reprezentující aktuální polohu jsou modifikována, pokud zrovna neprobíhá pohyb, v následujících případech

- ◆ změna délkových jednotek
- ◆ změna offsetů nástrojů
- ◆ změna pracovních offsetů

10.1.12. Pracovní rovina

Při programování musí být vždy zvolena tzv. „pracovní rovina“, a to buď XY, YZ nebo XZ - rovina obráběcího systému. Osa Z je kolmá na rovinu XY, osa X je kolmá na rovinu YZ a osa Y je kolmá na XZ.

10.1.13. Tabulka nástrojů

Každému záznamu v tabulce nástrojů je přiřazena buď nula nebo jeden konkrétní nástroj.

10.1.14. Výměna nástroje

Mach3 umožňuje implementaci připojení automatické výměny nástroje s využitím maker nebo, pokud je to požadováno, i ruční výměnu nástroje.

10.1.15. Režimy řízení trajektorie

Obráběcí systém může polohovat ve dvou specifických režimech, a to (1) **Exact Stop** (úplné zastavení) a (2) **Constant Velocity** (konstantní rychlost). V režimu **Exact Stop** stroj na konci každého programového pohybu na malou chvíli zastaví, zatímco v režimu **Constant Velocity** se řízení snaží dodržet nastavenou velikost posuvu, což se ovšem projevuje v ostrých rozích zaoblením trajektorie. Tyto dva režimy umožňují uživateli ovlivnit chování stroje při změně směru v rozích, neboť reálný systém potřebuje vlivem setrvačnosti hmot svých součástí určité nutné zrychlení/zpomalení.

Režim Exact Stop dělá přesně to, jak se jmenuje. Stroj při každé změně směru na malou chvíli zcela zastaví. Nástroj pak velmi přesně kopíruje naprogramovanou trajektorii.

V režimu Constant Velocity se zrychlování v novém směru překrývá se zpomalováním v předchozím směru ve snaze docílit předepsanou velikost posuvu. To způsobuje určité zaoblování ostrých rohů, ale rychlejší a hladší obrábění. Tato vlastnost je obzvláště důležitá při řezání plazmou. Čím je menší dovolené zrychlení jednotlivých os, tím více se zvětšuje rádius zaoblení.

V režimu Plazmy (možno nastavit v dialogu konfigurace) se systém snaží optimalizovat pohyb v rozích speciálním algoritmem.

Je možné definovat limitní úhel, aby při změně směru o úhel větší než limitní byl vždy použit režim Exact Stop, i když je nastavený režim Constant Velocity. Tímto nastavením docílíte hladkého průchodu rohů s malou změnou směru, ale rovněž zamezíte velkému zaoblování ostrých rohů i při použití stroje s malým maximálním zrychlením. Tuto funkci lze zapnout v dialogu konfigurace a limitní úhel se zadává do příslušného DRO na obrazovce Settings. Nastavení hodnoty úhlu podléhá jistým experimentům a záleží nejen na charakteristice stroje, ale rovněž také individuálně na tvaru obráběné trajektorie.

10.2. Interpret (překladač) versus ovládací prvky

10.2.1. Příznak povolení překročení nastavených rychlostí a posuvů

Existují příkazy Mach3, které povolují (M48) či zakazují (M49) možnost překročit nastavené rychlosti a posuvy tzv. Feed Rate Override. Překračování nastavených rychlostí je užitečné pro některé obráběcí operace, na druhé straně např. při sériové výrobě se předpokládá, že optimální obráběcí parametry jsou zahrnuty v part-programu a operátor by je již neměl měnit.

10.2.2. Příznak výmazu bloku

Pokud je povolený výmaz bloku, řádky programu začínající znakem "/" nejsou vykonány. Pokud je výmaz zakázán, provádějí se i takto označené řádky.

10.2.3. Podmíněné zastavení programu

Podmíněné zastavení programu funguje následujícím způsobem. Pokud je podmíněné zastavení programu aktivováno a řádka part-programu obsahuje příkaz M1, přeruší se vykonávání programu až do chvíle, než je stisknuto tlačítko *Cycle Start*.

10.3. Tabulka nástrojů

Mach3 spravuje tabulku nástrojů, která obsahuje až 254 pozic. Každá pozice obsahuje data pro jeden nástroj. Zde je možné zadat parametry nástroje jako délku nástroje, průměr nástroje (pro frézování), rádius špičky nástroje (pro soustružení) apod.

10.4. Jazyk part-programu

10.4.1. Přehled

Programovací jazyk je založen na řádcích kódu, které se také nazývají bloky. Každá řádka obsahuje příkazy, kterými lze řídit obráběcí stroj. Jednotlivé řádky lze sloučit do souboru a tím se vytvoří program pro obrábění.

Typický řádka kódu obsahuje na začátku nepovinné číslo řádku, za nímž lze zadat jedno či více "slov". Slovo se skládá z počátečního písmena následovaného číslem (nebo čímkoliv, co číslo vyjadřuje). Slovo může znamenat přímo příkaz nebo poskytuje nějaký argument jinému příkazu. Např. G1 X3 reprezentuje platný řádek kódu složený ze dvou slov. "G1" je příkaz znamenající přímočarý pohyb zadanou velikostí posuvu a "X3" poskytuje argument (na konci pohybu bude mít souřadnice osy x hodnotu 3). Většina příkazů začíná na začátku písmenem **G** (General) nebo **M** (Miscellaneous). Slova složená z těchto příkazů se proto nazývají "G-kódy" a "M-kódy".

Jazyk má dva příkazy (M2 nebo M30), které ukončují program. Vlastní program může skončit dříve než na posledním řádku. Potom řádky kódu, které jsou umístěny za koncem programu, se nevykonávají při normálním chodu programu, ale jsou často částmi podprogramů.

Číslo parametru	Význam	Číslo parametru	Význam
5161	G28 home X	5261	Work offset 3 X
5162	G28 home Y	5262	Work offset 3 Y
5163	G28 home Z	5263	Work offset 3 Z
5164	G28 home A	5264	Work offset 3 A
5165	G28 home B	5265	Work offset 3 B
5166	G28 home C	5266	Work offset 3 C
5181	G30 home X	5281	Work offset 4 X
5182	G30 home Y	5282	Work offset 4 Y
5183	G30 home Z	5283	Work offset 4 Z
5184	G30 home A	5284	Work offset 4 A
5185	G30 home B	5285	Work offset 4 B
5186	G30 home C	5286	Work offset 4 C
5191	Měřítka X	5301	Work offset 5 X
5192	Měřítka Y	5302	Work offset 5 Y
5193	Měřítka Z	5303	Work offset 5 Z
5194	Měřítka A	5304	Work offset 5 A
5195	Měřítka B	5305	Work offset 5 B
5196	Měřítka C	5306	Work offset 5 C
5211	G92 offset X	5321	Work offset 6 X
5212	G92 offset Y	5322	Work offset 6 Y
5213	G92 offset Z	5323	Work offset 6 Z
5214	G92 offset A	5324	Work offset 6 A
5215	G92 offset B	5325	Work offset 6 B
5216	G92 offset C	5326	Work offset 6 C
5220	Číslo aktuálního pracovního offsetu		...
5221	Work offset 1 X		a tak dále každých 20 hodnot až do
5222	Work offset 1 Y		...
5223	Work offset 1 Z	10281	Work offset 254 X
5224	Work offset 1 A	10282	Work offset 254 Y
5225	Work offset 1 B	10283	Work offset 254 Z
5226	Work offset 1 C	10284	Work offset 254 A
5241	Work offset 2 X	10285	Work offset 254 B
5242	Work offset 2 Y	10286	Work offset 254 C
5243	Work offset 2 Z	10301	Work offset 255 X
5244	Work offset 2 A	10302	Work offset 255 Y
5245	Work offset 2 B	10303	Work offset 255 Z
5246	Work offset 2 C	10304	Work offset 255 A
		10305	Work offset 255 B
		10306	Work offset 255 C

Tabulka 10.1 – Systémem definované parametry

10.4.2. Parametry

Obráběcí systém Mach3 obsahuje pole 10320 číselných parametrů. Většina z nich má specifické využití. Parametry, které jsou vztaženy k pracovním offsetům, jsou stálé (Mach3 jejich hodnotu uchovává i po vypnutí). Ostatní parametry jsou při spuštění Machu3 předdefinovány, nicméně při resetování interpretu se jejich hodnota uchová. Tabulka 10.1 zobrazuje parametry Machu3 včetně jejich popisu.

10.4.3. Souřadný systém

Obráběcí stroj má jeden absolutní souřadný systém a 254 pracovních souřadných systémů.

Navíc lze nastavit offset nástrojů příkazem G10 L1 P~ X~ Z~. Slovo P definuje číslo nástroje, pro který se offset nastavuje.

Příkazem G10 L2 P~ X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ lze nastavit pracovní souřadný systém. Slovo P definuje, pro který z 254 pracovních systémů se offsety mění. Slova souřadnic X, Y, Z atd. představují souřadnice počátku definovaného pracovního systému, a to vzhledem k absolutnímu souřadnému systému.

Prvních 7 pracovních souřadných systémů lze zvolit příkazy G54, G55, G56, G57, G58 a G59. Jakýkoliv z 255 (254 pracovních + 1 absolutní) pracovních souřadných systémů lze vybrat příkazem G59 P~ (např. G59 P23 vybere sadu číslo 23). Absolutní souřadný systém se zvolí příkazem G59 P0.

Písmeno	Význam
A	A-osa stroje
B	B-osa stroje
C	C-osa stroje
D	číslo nástroje pro kompenzaci
F	hodnota posuvu
G	G-kódy viz. Tabulka 10.5
H	Index délkového offsetu nástroje
I	offset X-osy pro oblouky X offset v pevném cyklu G87
J	offset Y-osy pro oblouky Y offset v pevném cyklu G87
K	offset Z-osy pro oblouky Z offset v pevném cyklu G87
L	počet opakování v pevných cyklech/podprogramech klíč použitý s funkcí G10
M	M-kódy viz. tabulka 10.7
N	číslo řádku
O	návěští podprogramu
P	prodleva v pevných cyklech doba prodlevy v G4 klíč použitý s funkcí G10
Q	inkrement posuvu v pevném cyklu G83 počet opakování volání podprogramu
R	rádius oblouku úroveň návratu v pevném cyklu
S	rychlost vřetena
T	výběr nástroje
U	synonymum pro A
V	synonymum pro B
W	synonymum pro C
X	X-osa stroje
Y	Y-osa stroje
Z	Z-osa stroje

Tabulka 10.2 – Písmena uvozující slova

Dále je možné aktuální souřadný systém modifikovat s využitím příkazů G92 a G92.3. Tyto příkazy aplikují dodatečný offset k aktuálnímu souřadnému systému, ale lze ho zrušit příkazy G92.1 nebo G92.2.

Přímočaré pohyby lze provádět v absolutním souřadném systému bez nutnosti přepnutí z pracovního souřadného systému příkazem G53 společně s příkazy G0 nebo G1.

10.5. Formát řádky

Platná řádka vstupního kódu obsahuje následující pořadí slov, je pouze omezena maximální délkou 256 znaků:

- ◆ nepovinný znak podmíněného výmazu bloku "/"
- ◆ nepovinné číslo řádky
- ◆ libovolný počet slov, parametrů a komentářů
- ◆ znak konce řádku (CR nebo LF nebo oba dva znaky)

Vstupy, které nejsou explicitně povoleny, jsou neplatné a způsobí, že překladač bude signalizovat chybu případně celý řádek ignorovat. Mezery a tabelátory jsou povoleny kdekoli v řádku a nepozměňují význam řádky vyjma použití v komentářích. Tato skutečnost může způsobovat platné, i když velmi bizarně vyhlížející vstupy. Např. řádka `G0X +0 . 12 34Y 7` je identická jako `G0 X+0.1234 Y7`.

Prázdné řádky jsou povoleny a jsou ignorovány.

Vstupy nerozlišují velká či malá písmena kromě komentářů. Každý znak mimo komentáře může být tedy psán velkým či malým písmenem aniž by to ovlivnilo význam.

10.5.1. Číslo řádku

Číslo řádku se značí písmenem N následovaným číslem 0 až 99999 (bez znaménka). Číslo lze psát s maximálně 5-ti ciframi (např. 000009 není platné). Číslo řádků se mohou opakovat nebo používat bez dodržení logického sledu, nicméně v běžné praxi se tomu vyhýbáme. Číslování řádek je nepovinné, ale je-li použito, musí být na správném místě a ve správném formátu.

10.5.2. Návěští podprogramů

Návěští podprogramů má formát písmene O následované číslem od 0 do 99999 s max. 5-ti ciframi. Návěští podprogramu lze používat v jakémkoliv pořadí, ale musí být v rámci celého programu jedinečné, ačkoliv překladač nebude hlásit chybu při porušení tohoto pravidla. Na řádce s definicí návěští podprogramu nesmí být nic jiného než komentáře.

10.5.3. Programové slovo

"Slovo" se skládá s písmen vyjma N a O následovaných číselnou hodnotou.

Slova mohou začínat jakýmkoliv písmenem uvedeným v tabulce 10.2. Tabulka zahrnuje pro úplnost i písmena N a O, ačkoliv jak bylo výše uvedeno čísla řádků a návěstí nejsou programovými slovy. Některá písmena (I, J, K, L, P, R) mají podle kontextu jiný význam.

Číselnou hodnotou rozumíme skupinu znaků, která po vyhodnocení představuje nějaké číslo. Může to být přímo explicitně zadaná hodnota (např. 341 nebo -0.8807), parametrická hodnota, výraz nebo výsledek unárních operací. Přesné definice jsou uvedeny dále v textu. Zpracování zadaných znaků za účelem získání výsledné numerické hodnoty se nazývá vyhodnocování. Explicitně zadaná čísla se "samovyhodnocují".

10.5.3.1. Čísla

Pro explicitní zadávání čísel platí následující pravidla, ve kterých se jako číslice myslí znaky 0 až 9.

- ♦ číslo se skládá z (1) nepovinného znaménka + nebo -, následovaného (2) žádnou až mnoha číslicemi, (3) desetinou tečkou následovanou (4) žádnou až mnoha číslicemi. Přitom musí být zadána nejméně jedna číslice.
- ♦ jsou celkem dva druhy čísel - celá a racionální. Celá čísla nemají desetinnou část (za tečkou), zatímco racionální mají.
- ♦ čísla mohou mít libovolný počet číslic omezený pouze maximální délkou řádku. Mach3 však považuje za platné pouze prvních 17 číslic, což je však pro většinu aplikací dostačující
- ♦ nenulové číslo bez znaménka je považováno za kladné

Všimněte si, že počáteční a koncové nuly jsou povolené, ale ne vyžadované. Číslo napsané s počátečními či koncovými nulami má stejnou hodnotu jako bez těchto nul. Čísla použitá Machem3 pro specifické využití jsou často omezena na konečnou množinu hodnot případně na určitý interval hodnot, které mnoho nabývají. V mnoha případech racionální čísla musí být velmi blízka číslům celým, jak tomu je např. u indexů (pro parametry či zásobníky). V takových případech pokud se racionální číslo liší od celého o méně než 0.0001, pak je považováno za celé.

10.5.3.2. Parametrické hodnoty (proměnné)

Parametrická hodnota je reprezentována znakem # následovaným celým číslem v rozsahu 1 až 10320. Toto číslo se nazývá číslem parametru, přičemž samotná hodnota parametru může být jakákoliv numerická hodnota.

Znak # má při vyhodnocování přednost před všemi ostatními operátory, např. #1+2 je vyhodnoceno jako součet hodnoty parametru č.1 a čísla 2, nikoliv jako hodnota parametru 3, to by muselo být zapsáno ve tvaru #[1+2] . Znak # lze opakovat, tedy kupř. ##2 je vyhodnoceno jako hodnota parametru, jehož index je dán hodnotou parametru 2.

10.5.3.3. Výrazy a binární operace

Výrazy nazýváme skupinu znaků uvozených závorkou [a ukončených závorkou]. Ve skupině znaků se mohou vyskytovat čísla, parametrické hodnoty, znaménka matematických operací a další výrazy.

Výraz musí být vyhodnocen tak, aby výsledkem byla numerická hodnota. Při zpracování každé řádky kódu se vždy nejprve vyhodnocují výrazy. Příklad výrazu je např.

`[1+acos[0]-[#3**[4.0/2]]]`

Binární operace se mohou objevit pouze uvnitř výrazů. Celkem je definováno devět binárních operací. Jsou zde čtyři základní matematické operace: sčítání (+), odčítání (-), násobení (*) a dělení (/). Dále tři logické operace: logický součet (OR), logický součin (AND) a nonekvivalence (XOR). Osmou operací je modulo - zbytek po celočíselném dělení (MOD) a poslední, devátou, je umocňování (**) - číslo na levé straně je umocněno číslem na straně pravé. Uvedené binární operace lze rozdělit do tří skupin. První skupinu tvoří umocňování, druhou skupinu násobení, dělení a modulo. Poslední skupina obsahuje sčítání, odčítání a všechny logické operace. Pokud jsou operace sloučeny dohromady (např. ve výrazu `[2.0/3*1.5-5.5/11.0]`), pak je pořadí vyhodnocování dáno skupinou operace - nejprve se vyhodnocuje první skupina, následně druhá a pak třetí. Pokud výraz obsahuje více operací ze stejné skupiny (např. / a * z příkladu), vyhodnocují se operace zleva doprava. Z výše uvedeného pak vyhodnotíme ukázkový příklad jako `[1-0.5]=0.5`.

Logické operace a modulo lze provádět nejen na celých číslech, ale rovněž i na racionálních. Číslo nula je ekvivalentem logické nepravdy a nenulová hodnota reprezentuje logickou pravdu.

10.5.3.4. Unární operace

Unární operace mají syntaxi zápisu názvu operace např. "ATAN" následovaný výrazem. Podporované unární operace jsou: ABS (absolutní hodnota), ACOS (arcuscosinus), ASIN (arcussinus), ATAN (arcutangent), COS (cosinus), EXP (e umocněno na hodnotu), FIX (zaokrouhlení dolů), FUP (zaokrouhlení nahoru), LN (přirozený logaritmus), ROUND (zaokrouhlení na nejbližší celé číslo), SIN (sinus), SQRT (odmocnina) a TAN (tangent). Argumenty unárních operací, které vyžadují úhlovou hodnotu, se zadávají ve stupních. Výsledkem unárních operací, které dávají úhlovou veličinu, jsou rovněž hodnoty úhlů ve stupních.

Operace FIX zaokrouhluje směrem doleva (menší pro kladná větší pro záporná) na číselné ose, takže `FIX[2.8]=2` a `FIX[-2.8]=-3`. Operace FUP zaokrouhluje směrem doprava na číselné ose, tedy `FUP[2.8]=3` a `FUP[-2.8]=-2`.

10.5.4. Přirazování hodnot parametrům

Pro přiřazení numerické hodnoty parametru se použije následující posloupnost:

- ◆ znak #
- ◆ index parametru v rozsahu 1 až 10320
- ◆ znak =
- ◆ numerická hodnota

K přiřazení hodnoty parametru nedojde dříve, než jsou na stejné řádce vyhodnoceny všechny zadané parametry. Např. pokud by byl dříve nastaven parametr 3 na hodnotu 15, pak řádka `#3=6 g1 x#3` bude interpretována tak, že se provede přímočarý pohyb, aby na jeho konci měla souřadnice x hodnotu 15 a následně se nastaví hodnota parametru 3 na 6.

10.5.5. Komentáře a zprávy

Řádek začínající znakem procent % je celý považován za komentář a není dále vyhodnocován.

Tisknutelné znaky a mezery uvnitř oblých závorek představují komentáře. Levá oblá závorka vždy komentář začíná a první pravá oblá závorka ho ukončuje. Pokud se na jedné řádce objeví levá závorka, musí k ní být zadána i korespondující pravá závorka před koncem řádku. Komentáře se nesmí slučovat, pokud by se objevila druhá levá závorka dříve než pravá závorka ukončující první levou, je to vyhodnoceno jako chyba. Zde je příklad řádky s komentářem: G80 M5 (stop motion)

Alternativní forma označení komentářů je použití dvou znaků // Zbytek řádky je v tomto případě považován za komentář.

Komentáře nemají žádný vliv na chování obráběcího systému.

Pokud komentáře zadané v závorkách obsahují znaky MSG, ihned za levou závorkou před všemi tisknutelnými znaky, pak se jedná o definici zpráv. Povoleny jsou rovněž varianty, kdy MSG obsahuje mezery nebo je psáno malými písmeny. Pověšimněte si, že součástí příkazu je rovněž čárka. Zbylé znaky za čárkou až po pravou závorku se považují za text zprávy pro operátora. Takovéto zprávy se zobrazí na obrazovce v poli určeném pro chybová hlášení.

10.5.6. Opakování prvků na řádce

Řádka může obsahovat libovolné množství slov G, ale nesmí se na ní objevit dvě slova G ze stejné modální skupiny (viz. dále).

Řádka může obsahovat žádné až čtyři slova M, nesmí se však objevit dvě slova M ze stejné modální skupiny.

Pro všechna další slova s platnými písmeny platí, že se na jedné řádce může každé písmeno objevit pouze jednou.

Pokud se na řádce opakuje přiřazení hodnoty stejnému parametru (např. #3=15 #3=6), tak platné je pouze poslední přiřazení. Přiřadit hodnotu stejnému parametru vícekrát na jedné řádce je sice hloupé, ale ne nepřijatelné.

Pokud se na řádce objeví více jak jeden komentář, systém použije pouze ten poslední. Ostatní jsou pouze přečteny, překontroluje se jejich formát a dále se ignorují. Předpokládá se, že umístění vícero komentářů na jeden řádek je velmi málo pravděpodobné.

10.5.7. Pořadí prvků na řádce

Tři typy prvků, jejichž pořadí na jednom řádku může být různé (jak bylo naznačeno na začátku kapitoly), jsou slova, nastavení parametrů a komentáře. Představte si, že tyto tři typy prvků jsou rozděleny do tří skupin podle typu prvků.

První skupina (slova) může být v rámci řádku přeskupena jakkoliv, aniž by se změnil význam řádku.

Pokud by se přeuspořádalo pořadí prvků druhé skupiny (nastavení hodnot parametrů), rovněž se význam řádku nemění až na případ, kdy se nastavuje vícekrát hodnota stejného parametru. V tomto případě je platné pouze poslední nastavení. Např. pokud se vyhodnotí řádka #3=15 #3=6, bude

výsledná hodnota parametru 6. Pokud zaměníme pořadí #3=6 #3=15, pak je řádka vyhodnocena tak, že parametr 3 bude nabývat hodnoty 15.

U třetí skupiny (komentáře) platí, že platný je pouze poslední komentář.

Pokud tedy pro každou uvedenou skupinu platí, že nezáleží na pořadí prvků, pak i prvky ze všech skupin lze prolínat bez změny významu. Např. řádka `g40 g1 #3=15 (so there!) #4=-7.0` má pět prvků a znamená identicky totéž jako jakákoliv ze 120 možných kombinací - jako třeba `#4=-7.0 g1#3=15 g40 (so there!)`.

10.5.8. Příkazy a režimy stroje

Mach3 má mnoho příkazů, které způsobí, že obráběcí systém se přepne z jednoho režimu do jiného a tento režim zůstane aktivní, dokud není jiným příkazem implicitně či explicitně změněn. Takové příkazy nazýváme modálními. Např. pokud zapneme chlazení, zůstane zapnuté, dokud ho nevypneme. G kódy pro polohování jsou rovněž modálními. Pokud je příkaz G1 (přímočarý pohyb) zadán na jedné řádce, bude vykonán i na řádce následující, pokud se tam objeví jedno či více slov zadávající souřadnice (slova souřadnic) a není explicitně zadán jiný druh polohování.

Nemodální kódy mají význam pouze v rámci řádky, na které jsou uvedeny. Např. G4 (prodleva) je nemodální.

10.6. Modální skupiny

Modální příkazy lze slučovat do skupin nazývaných "modální skupiny", přičemž pouze jeden prvek z této skupiny může být v daný okamžik aktivní. Obecně každá modální skupina obsahuje příkazy, pro které je logicky nemožné, aby byly dva její prvky platné ve stejnou chvíli, např. jednotky odměřování mohou být buď milimetry nebo palce. Obráběcí systém může být v daný okamžik v mnoha režimech a každý režim je dán právě jedním příkazem z každé modální skupiny. Modální skupiny jsou uvedeny v tabulce 10.3.

Pro některé modální skupiny musí být v okamžiku, kdy je systém připraven přijímat příkazy, jeden z jejich prvků vybrán a aktivován. Pro tyto modální skupiny proto existuje implicitní nastavení, které se použije automaticky pro inicializaci při zapnutí stroje.

Skupina 1, první v tabulce, je skupina G-kódů pro polohování. Jeden z jejich prvků je vždy nastaven a definuje tzv. okamžitý polohovací režim.

Současné umístění G-kódů ze skupiny 1 a ze skupiny 0 na jeden řádek, pokud oba mají jako parametry souřadnice os, je chybné. Pokud je použito slovo pro specifikaci souřadnic (X, Y, Z) vztahované ke G-kódům ze skupiny 1, a současně se na řádce vyskytují G-kódy ze skupiny 0, pak jsou implicitně slova souřadnic vztahována ke G-kódům ze skupiny 0 a slova ze skupiny 1 jsou v této řádce potlačena. Kódy ze skupiny 0, které používají souřadnice, jsou G10, G28, G30 a G92.

Aktuální režimy jsou v Machu3 vždy zobrazeny v horní části každé obrazovky.

<p>Modální skupiny G-kódů jsou</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ skupina 1 = {G00, G01, G02, G03, G38.2, G80, G81, G82, G84, G85, G86, G87, G88, G89} - pohyb ♦ skupina 2 = {G17, G18, G19} – výběr pracovní roviny ♦ skupina 3 = {G90, G91} – režim odměřování ♦ skupina 5 = {G93, G94, G95} – režim jednotek posuvu ♦ skupina 6 = {G20, G21} – délkové jednotky ♦ skupina 7 = {G40, G41, G42} – kompenzace poloměru nástroje ♦ skupina 8 = {G43, G49} – délkový offset nástroje ♦ skupina 10 = {G98, G99} – úroveň návratu pevných cyklů ♦ skupina 12 = {G54, G55, G56, G57, G58, G59, G59.xxx} – výběr souřadného systému ♦ skupina 13 = {G61, G61.1, G64} – režim řízení pohybu
<p>Modální skupiny M-kódů jsou</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ skupina 4 = {M0, M1, M2, M30} – zastavení ♦ skupina 6 = {M6} – výměna nástroje ♦ skupina 7 = {M3, M4, M5} – otáčení vřetena ♦ skupina 8 = {M7, M8, M9} – chlazení (zvláštní případ, kdy M7 a M8 mohou být aktivní ve stejný okamžik ♦ skupina 9 = {M48, M49} – aktivace Feed a Speed Override
<p>Skupina nemodálních G-kódů:</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ skupina 0 = {G4, G10, G28, G30, G53, G92, G92.1, G92.2, G92.3}

Tabulka 10.3 – Modální skupiny

10.7. G-kódy

G-kódy, které Mach3 akceptuje, jsou uvedeny v tabulce 10.4 včetně detailního popisu.

Následný popis kódů v textu obsahuje prototyp použití příkazu, který je zvýrazněným písmem Courier.

V prototypu je použit znak ~ (tilda) pro numerické hodnoty. Jak bylo již dříve objasněno, mohou to být (1) explicitně zadaná čísla, (2) výrazy, (3) parametry a (4) unární operace.

Ve většině případů pokud jsou dána slova souřadnic (některé či všechny z X~, Y~, Z~, A~, B~, C~, U~, V~, W~), specifikují koncový bod. Souřadnice jsou vždy vztaženy k aktuálnímu souřadnému systému, pokud není explicitně předepsáno, že se jedná o absolutní souřadný systém. Kde jsou slova souřadnic nepovinná, u všech os, kde není souřadnice uvedena, zůstane zachována původní hodnota. Všechny prvky v prototypu, které nejsou explicitně označené jako nepovinné, jsou povinnou součástí příkazu a jejich vynechání způsobí chybu.

Písmena U, V a W jsou synonyma pro A, B a C. Použití A současně s U, B současně s V nebo C současně s W je chybné (podobně jako vícenásobné použití slova A na jedné řádce). V následném popisu kódů nejsou souřadnice U, V a W explicitně zmiňovány pokaždé, ale platí pro ně identická pravidla jako pro A, B a C.

V prototypu příkazů jsou hodnoty hned po písmenech často dány explicitními čísly. Pokud není dáno jinak, tato čísla jsou racionální (desetinná). Např. G10L2 může být shodně zapsáno také G[2*5]

Seznam G-kódů	
G0	Polohování rychloposuvem
G1	Lineární interpolace
G2	Kruhová interpolace CW
G3	Kruhová interpolace CCW
G4	Prodleva
G10	Nastavení počátku souřadného systému
G12	CW kruhová kapsa
G13	CCW kruhová kapsa
G15/G16	Polární souřadnice pro G0 a G1
G17	Výběr roviny XY jako pracovní
G18	Výběr roviny XZ jako pracovní
G19	Výběr roviny YZ jako pracovní
G20/G21	Délkové jednotky palce/milimetry
G28	Návrat do výchozí(home) polohy
G28.1	Referování os
G30	Návrat do výchozí (home) polohy
G31	Přímá sonda
G40	Vypnutí kompenzace poloměru nástroje
G41/G42	Zapnutí kompenzace poloměru nástroje levá/pravá
G43	Aplikování délkového offsetu nástroje
G49	Vypnutí délkového offsetu nástroje
G50	Resetování všech měřítkových faktorů na 1.0
G51	Nastavení měřítkových faktorů os
G52	Dočasné offsety souřadného systému
G53	Polohování v absolutních souřadnicích stroje
G54	Aktivace pracovních offsetů 1
G55	Aktivace pracovních offsetů 2
G56	Aktivace pracovních offsetů 3
G57	Aktivace pracovních offsetů 4
G58	Aktivace pracovních offsetů 5
G59	Aktivace pracovních offsetů 6/dalších offsetů
G61/G64	Režim Exact stop/Constant Velocity
G68/G69	Otočení souřadného systému
G70/G71	Délkové jednotky palce/milimetry
G73	Pevný cyklus – vrtání s výplachem
G80	Zrušení polohování včetně pevných cyklů
G81	Pevný cyklus – vrtání
G82	Pevný cyklus – vrtání s prodlevou
G83	Pevný cyklus – vrtání s výplachem
G84	Pevný cyklus – řezání pravotočivých závitů
G85/G86/G88/G89	Pevné cykly – zahlubování
G90	Absolutní režim odměřování
G91	Inkrementální režim odměřování
G92	Offset y souřadnic a uložení parametrů
G92.x	Zrušení offsetů G92 atd.
G93	Režim posuvu INVERSE TIME
G94	Režim posuvu jednotky za minutu
G95	Režim posuvu jednotky za otáčku vřetena
G98	Původní návratová úroveň pevných cyklů
G99	Návratová úroveň R pevných cyklů

L[1+1]. Pokud by hodnota parametru 100 byla 2, pak lze rovněž použít zápis G10 L#100. Použití numerických hodnot, které nejsou vyjádřeny explicitně, se však používá zřídka.

Pokud je v prototypu příkazu zapsáno "L~", pak se na něj odkazujeme jako na L číslo. Obdobně H~ je H číslo a identicky pro další písmena.

Pokud je pro nějakou osu nastaven měřítkový faktor, pak bude použit na odpovídající hodnoty u slov souřadnic X, Z, Y, A/U, B/V nebo C/W a relevantní slova I, J, K či R.

10.7.1. Přímočarý pohyb rychloposuvem - G0

(a) Zápis přímočarého pohybu rychloposuvem je G0 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~, kde jsou všechna slova souřadnic nepovinná, ale nejméně jednu souřadnici je třeba zadat. Slovo G0 je také nepovinné, pokud je aktuální polohovací režim G0. Příkaz způsobí koordinovaný přímočarý pohyb do koncového bodu rychloposuvem. Předpokládá se, že během provádění příkazu G0 se nebude obrábět.

(b) Pokud byl vykonán příkaz G16 pro nastavení polárního souřadného systému, pak přímočarý pohyb rychloposuvem bude do bodu daného poloměrem a úhlem a lze použít G0 X~ Y~. X~ definuje radius(vzdálenost) bodu od počátku polárního systému a Y~ úhel ve stupních měřený od 3 hodin pomyslného ciferníku, kde směr kladných hodnot je proti směru hodinových ručiček (klasický čtyřkvadrantová konvence).

Počátkem polárního systému je aktuální poloha v okamžiku vykonávání příkazu G16.

Chybou je, pokud

- ♦ jsou vynechány všechny souřadnice

Pokud je aktivní režim kompenzace poloměru nástroje, pohyb se bude lišit od výše zmíněného viz. kompenzace poloměru nástroje. Pokud se současně objeví na řádce příkaz G53, pohyb se také bude lišit viz. absolutní souřadnice.

10.7.2. Přímočarý pohyb rychlostí posuvu - G1

(a) Zápis přímočarého pohybu rychlostí danou nastaveným posuvem je G1 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~, kde jsou všechna slova souřadnic nepovinná, ale nejméně jednu souřadnici je třeba zadat. Slovo G1 je také nepovinné, pokud je aktuální polohovací režim G1. Příkaz způsobí koordinovaný přímočarý pohyb do koncového bodu zadaným posuvem.

(b) Pokud byl vykonán příkaz G16 pro nastavení polárního souřadného systému, pak přímočarý pohyb rychloposuvem bude do bodu daného radiusem a úhlem a lze použít G1 X~ Y~. X~ definuje radius(vzdálenost) bodu od počátku polárního systému a Y~ úhel ve stupních měřený od 3 hodin pomyslného ciferníku, kde směr kladných hodnot je proti směru hodinových ručiček (klasický čtyřkvadrantová konvence).

Počátkem polárního systému je aktuální poloha v okamžiku vykonávání příkazu G16.

Chybou je, pokud

- ♦ jsou vynechány všechny souřadnice

Pokud je aktivní režim kompenzace poloměru nástroje, pohyb se bude lišit od výše zmíněného viz. kompenzace poloměru nástroje. Pokud se současně objeví na řádce příkaz G53, pohyb se také bude lišit viz. absolutní souřadnice.

10.7.3. Pohyb po oblouku - G2 a G3

Pohyb po kruhovém oblouku nebo spirále se zadává příkazy G2 (pohyb ve směru hodinových ručiček) nebo G3 (pohyb proti směru hodinových ručiček). Osa kružnice či spirály musí být rovnoběžná s osou X, Y nebo Z absolutního souřadného systému stroje. Osa (nebo rovina kolmá na osu) se vybere příkazem G17 (osa Z/rovina XY), G18 (osa Y/rovina XZ) nebo G19 (osa X/rovina YZ). Pokud se jedná o pohyb po kruhovém oblouku, ten pak leží v rovině rovnoběžné s vybranou rovinou.

Pokud je součástí řádku, kde se programuje pohyb po oblouku, i specifikace souřadnic rotačních os, ty se pak během pohybu otáčejí konstantní rychlostí tak, že rotační pohyb začne i skončí ve stejný okamžik, kdy osy X, Y a Z provádějí kruhovou interpolaci. Takovéto řádky kódu se však málokdy používají.

Pokud je zapnuta kompenzace poloměru nástroje, výsledný pohyb je jiný viz. kompenzace poloměru nástroje.

Jsou akceptovány dva různé typy formátů specifikujících pohyb po kruhovém oblouku. Nazýváme je formátem středovým a rádiusovým. Pro oba formáty platí, že G2 či G3 jsou nepovinné, pokud je stroj již v tomto polohovacím režimu z předchozích řádků.

10.7.3.1. Kruhový oblouk v rádiusovém formátu

V tomto formátu se oblouk specifikuje koncovým bodem a rádiusem. Formát zápisu je G2 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ (případně G3 místo G2), Parametr R představuje rádius. Všechny osové souřadnice jsou nepovinné, je však nutné zadat alespoň jednu z té dvojice, která tvoří aktuálně zvolenou pracovní rovinu. Hodnota R udává rádius oblouku, přičemž kladná hodnota indikuje, že se jedná o oblouk s úhlem menším než 180°, zatímco záporná hodnota představuje oblouk s úhlem od 180° do 359.999°. Pokud se jedná o část spirály, je nutné rovněž zadat koncovou souřadnici té osy, která je rovnoběžná s osou spirály (kolmá na pracovní rovinu). Je chybné, pokud

- ◆ jsou vynechány obě souřadnice os tvořících pracovní rovinu
- ◆ koncový bod oblouku je stejný jako aktuální poloha

Není vhodné programovat v tomto formátu oblouky, které tvoří téměř celý oblouk nebo jsou půlkruhy (téměř půlkruhy), protože malá změna polohy koncového bodu generuje podstatně větší změnu polohy středu oblouku. Násobný efekt je dostatečně velký na to, aby vlivem zaokrouhlování souřadnic koncového bodu došlo k posunutí výsledné dráhy mimo požadované tolerance. Téměř celé kružnice jsou z hlediska přesnosti tragicky špatné, půlkruhy a skoro půlkruhy jsou špatné. Oblouky s úhly do 165° a od 195° do 345° jsou bezproblémové.

Zde je příklad rádiusového formátu frézování oblouku

```
G17 G2 X10 Y15 R20 Z5
```

a znamená polohování směrem CW (ve směru hodinových ručiček z pohledu od kladné osy Z) po kruhovém oblouku či spirále, jejichž osa je rovnoběžná s osou Z, končící v bodě X=10, Y=15 s rádiusem

20. Pokud je počáteční hodnota $Z=5$, pak se jedná o kruhový oblouk v rovině rovnoběžné s rovinou XY, jinak jde o část spirály.

10.7.3.2. Kruhový oblouk ve středovém formátu

V tomto formátu se oblouk specifikuje koncovým bodem ve zvolené pracovní rovině společně s relativní polohou středu vzhledem k aktuální (počáteční) poloze. \pro tento formát je možné zadat stejný koncový bod jako počáteční. Je chybou, pokud

- ♦ je-li oblouk promítnut do zvolené pracovní roviny a vzdálenost mezi počátečním bodem a středem se liší od vzdálenosti mezi středem a koncovým bodem o více než 0,0002 palce či 0,002 milimetru

Střed se zadává slovy I a J. Existují dva způsoby, kterak interpretovat takto zadané hodnoty. Obvyklý je způsob, že tyto hodnoty vyjadřují relativní polohu středu vzhledem k počátku oblouku. Někdy se tento způsob též nazývá *Inkrementálním IJ* režimem. Ve druhém způsobu definují parametry I a J střed oblouku v aktuálním souřadném systému. Tento způsob se dosti nešťastně jmenuje *Absolutní IJ* režim. Používaný IJ režim se dá nastavit v dialogu konfigurace, především z důvodu kompatibility s některými komerčními systémy. Pravděpodobně zjistíte, že inkrementální režim je výhodnější, neboť v absolutním režimu je nutné zadat obě souřadnice, pokud zrovna střed neleží v počátku souřadného systému.

Pokud je pracovní rovinou zvolena rovina XZ, pak zápis je G2 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ I~ J~ (nebo použijte G3 místo G2). Všechny osově souřadnice jsou nepovinné, je však nutné zadat alespoň jednu ze souřadnic X nebo Y. Hodnoty I a J jsou dle nastaveného IJ režimu buď offsety středu oblouku od počátečního bodu (ve směrech X a Y) případně přímo souřadnice středu v aktuálním souřadném systému. I a J jsou nepovinné, alespoň jedna z nich musí být ale zadána. Je chybou, pokud

- ♦ X i Y jsou vynechány
- ♦ I i J jsou vynechány

Pokud je pracovní rovinou zvolena rovina XZ, pak zápis je G2 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ I~ K~ (nebo použijte G3 místo G2). Všechny osově souřadnice jsou nepovinné, je však nutné zadat alespoň jednu ze souřadnic X nebo Z. Hodnoty I a K jsou dle nastaveného IJ režimu buď offsety středu oblouku od počátečního bodu (ve směrech X a Z) případně přímo souřadnice středu v aktuálním souřadném systému. I a K jsou nepovinné, alespoň jedna z nich musí být ale zadána. Je chybou, pokud

- ♦ X i Z jsou vynechány
- ♦ I i K jsou vynechány

Pokud je pracovní rovinou zvolena rovina YZ, pak zápis je G2 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ J~ K~ (nebo použijte G3 místo G2). Všechny osově souřadnice jsou nepovinné, je však nutné zadat alespoň jednu ze souřadnic Y nebo Z. Hodnoty J a K jsou dle nastaveného IJ režimu buď offsety středu oblouku od počátečního bodu (ve směrech Y a Z) případně přímo souřadnice středu v aktuálním souřadném systému. J a K jsou nepovinné, alespoň jedna z nich musí být ale zadána. Je chybou, pokud

- ♦ Y i Z jsou vynechány
- ♦ J i K jsou vynechány

Uvádíme příklad středového formátu v inkrementálním IJ režimu:

G17 G2 X10 Y16 I3 J4 Z9

Znamená, že se polohuje CW (při pohledu od kladné osy Z) po kruhovém oblouku nebo spirále, jejichž osa je rovnoběžná s osou Z, končící v bodě X=10, Y=16 a Z=9, jejichž střed je ve vzdálenosti +3 od počátku v x-ové směru a +4 od počátku v y-ovém směru. Pokud je počáteční bod X=7, Y=7, pak střed souřadnice středu bude X=10, Y=11. Pokud je počáteční hodnoty Z=9, jedná se o kruhový oblouk, pokud je hodnota jiná, jedná se o část spirály. Rádus oblouku bude 5.

Výše uvedený oblouk v absolutním IJ režimu pak bude

G17 G2 X10 Y16 I10 J11 Z9

V tomto formátu není uveden poloměr oblouku, ale lze ho jednoduše vypočítat jako vzdálenost počátečního(koncového) bodu a středu oblouku.

10.7.4. Prodleva - G4

Prodlevu programujte ve formátu G4 P~. Prodleva způsobí, že po stanovenou dobu se nebude žádná z os pohybovat. Délka prodlevy je definována parametrem P a je vyjádřena v sekundách nebo milisekundách podle nastavení konfigurace Machu3. Např. pokud jsou jako jednotky zvoleny vteřiny, pak G4 P0.5 způsobí prodlevu půl vteřiny. Jako chybné zadání se považuje

- ♦ hodnota P je záporná

10.7.5. Nastavení dat v tabulkách pracovních a nástrojových offsetů - G10

Pro detailní popis souřadných systémů nástrojových a pracovních offsetů si přečtěte příslušné kapitoly tohoto manuálu.

K nastavení hodnot offsetů nástroje zadejte G10 L1 P~ X~ Z~ A~, kde P~ je číslo od 0 do 255 a specifikuje číslo nástroje. Tímto příkazem lze nastavit offsety pro příslušný nástroj. Hodnota A~ udává poloměr špičky nástroje. Změněny budou pouze ty hodnoty, pro které je explicitně uveden příslušný parametr. Takto však nelze nastavit průměr nástroje.

K nastavení počátku pracovního souřadného systému zadejte G10 L2 P~ X~ Y~ Z~ A~ B~ C~, kde P~ je číslo od 1 do 255 - index pracovního souřadného systému (přičemž hodnoty 1 až 6 odpovídají ofsetům nastavitelných příkazy G54 až G59) a všechna slova souřadnic jsou nepovinná. Souřadnice počátku pracovního souřadného systému určeného parametrem P~ se nastaví na specifikované hodnoty (a to v absolutních souřadnicích stroje). Změní se pouze ty souřadnice, které jsou explicitně uvedené. Je chybné, pokud

- ♦ hodnota P není v rozsahu 1 až 255

Pokud byly před použitím G10 aktivní offsety počátku /definované G92 nebo G92.3), budou platné i nadále.

Pracovní souřadný systém, který se modifikuje příkazem G10, může být v okamžiku vykonávání G10 aktivní i neaktivní.

Zadané hodnoty nebudou stálé, dokud se manuálně neuloží tabulky pracovních a nástrojových offsetů příslušnými tlačítky na obrazovce Machu3.

Příklad: G10 L2 P1 x3.5 y17.2 nastaví počátek prvního pracovního souřadného systému (toho, který lze aktivovat příkazem G54) do bodu X=3.5, Y=17.2 (v absolutních souřadnicích stroje). Souřadnice Z a souřadnice rotačních os zůstanou nezměněné.

10.7.6. CW/CCW kruhová kapsa - G12 a G13

Tyto příkazy pro obrábění kruhových kapes patří do skupiny pevných cyklů. Lze tak obrábět kruhovou díru většího průměru než je průměr nástroje nebo při použití vhodného nástroje lze také frézovat vnitřní drážku pro "O"-kroužky.

Formát je G12 I~ pro CW pohyb a G13 I~ pro CCW pohyb. Nástroj se posune ve směru osy X o hodnotu danou parametrem I~ a "objede" kružnici se středem ve výchozím bodě. Po dokončení se opět vrátí do středu.

Pokud není zvolena rovina XY jako pracovní rovina, není tato funkce definována.

10.7.7. Režim polárních souřadnic - G15 a G16

Pro pohyby zadávané příkazy G0 a G1 v rovině XY je možné zadávat souřadnice polárně tzn. specifikací radiusu a úhlu relativně k dočasnému středu polárního systému. Pro aktivaci tohoto režimu zadejte G16. Aktuální poloha pak bude automaticky středem dočasného polárního systému. Pro návrat k normálním kartézským souřadnicím použijte G15.

```
G0 X10 Y10 // normální pohyb G0 do bodu 10,10
G16          //začátek polárního režimu zadávaných souřadnic
G10 X10 Y45 // toto způsobí polohování do bodu X=17.xxx, Y 17.xxx)
```

Tato funkce může být velmi užitečná například při vrtání děr na kružnici. Kód uvedený níže provádí vrtání děr do hloubky Z=-0.6 na roztečné kružnici o průměru 50mm se středem v bodě X=10, Y=5.5

```
G21          // metrické vzdálenosti
G0 X10 Y5.5
G16
G1 X50 Y0     //polární pohyb radius 50, úhel 0°
G83 Z-0.6     // vrtání s výplachem
G1 Y10 // 10°
G83 Z-0.6
G1 Y20       // 20° ...atd...
G1 Y30
G1 Y40
> ...atd....
G15          // zpět do režimu normálních kartézských souřadnic
```

Poznámky:

- (1) Pokud je G16 aktivní, nesmí se polohovat jinak než příkazy G0 či G1
- (2) Uvedená specifikace je rozdílná od implementace ve Fanucu, neboť používá jako střed polárního systému aktuální polohu. Verze ve Fanucu vyžaduje navíc zadávání posuvů počátku.

10.7.8. Volba roviny - G17, G18 a G19

Pro výběr pracovní roviny XY zadejte G17, pro rovinu XZ zadejte G18 a pro rovinu YZ pak G19. Efekty způsobené výběrem pracovní roviny jsou popisovány např. u příkazů G2/G3 nebo u pevných cyklů.

10.7.9. Délkové jednotky - G20 a G21

Pro výběr palcových délkových jednotek zadejte G20, pro metrické jednotky (mm) zadejte G21.

Je dobrým zvykem definovat používané délkové jednotky na počátku každého programu ještě dříve, než se začne polohovat, a již nikde dále v kódu nastavení jednotek neprovádět. Je na odpovědnosti uživatele, že všechny zadávané souřadnice jsou ve shodě s nastaveným systémem jednotek. Podívejte se rovněž na kódy G70 /G71, která jsou synonymy pro G20 /G21.

10.7.10. Návrat do výchozí (home) polohy - G28 a G30

Výchozí poloha je definována v systému Mach3 v parametrech 5161÷5166. Souřadnice těchto parametrů jsou v absolutním souřadném systému stroje, ale v nespecifikovaných délkových jednotkách.

Pro návrat do výchozí (referenční) polohy ve smyslu programového návratu zadejte G28 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ (případně použijte G30). Všechna slova souřadnic jsou nepovinná. Trajektorie pohybu je pak taková, že se nástroj rychloposuvem přesune z aktuální polohy do polohy zadané souřadnicemi příkazu G28 a odtud následuje rychloposuvem přesun do referenční polohy. Pokud nejsou zadány žádné souřadnice, polohuje se přímo do referenční polohy.

10.7.11. Referencování os G28.1

Zadejte G28.1 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ pro referencování daných os. Osy se budou pohybovat zadanou rychlostí posuvu směrem k referenčním snímačům, jak je definováno v konfiguraci Machu3. Když absolutní souřadnice stroje dosáhnou hodnot definovaných slovy souřadnic, pak bude velikost posuvu nastavena na hodnotu danou konfigurací při referencování. Za předpokladu, že absolutní poloha je správná, výsledkem bude hladké zastavení na referenčních snímačích.

10.7.12. Přímá sonda – G31

10.7.12.1. Příkaz pro použití přímé sondy

K provádění operací s využitím přímé sondy zadejte G31 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~. Rotační osy jsou povoleny, ale je lepší je vypustit. Pokud jsou přesto použita slova rotačních os, zadaná čísla musí být stejná jako aktuální poloha, aby nedošlo k otáčení těchto os. Zadání parametrů souřadnic lineárních os je nepovinné, ale nejméně jedna souřadnice musí být specifikována. Ve větenu musí být jako nástroj použita přímá sonda.

Je chybou, pokud

- ♦ aktuální poloha je blíže než 0.254 mm nebo 0.01 palce k programované poloze

- ◆ G31 je použita v režimu INVERSE TIME FEED RATE
- ◆ je zadáno otáčení některých rotačních os
- ◆ není uvedena žádná ze souřadnic X, Y či Z

Funkce příkazu G31 je následující. Stroj začne polohovat řízený bod (který by měl být na konci hrotu sondy) přímočaře směrem k zadanému bodu rychlostí danou aktuálním posuvem. Pokud sonda detekuje překážku (obrobek apod.), dojde k mírnému návratu. Pokud není nic detekováno ani po mírném přjetí programované polohy, je signalizována chyba.

Po úspěšném detekování se do parametrů 2000 až 2005 zapíše souřadnice polohy v okamžiku, kdy došlo k detekci a získaná trojice souřadnic X, Y a Z je zapsána do souboru, pokud byl otevřen makrem M40/OpenDigFile().

10.7.12.2. Používání přímé sondy

Pokud je dřík přímé sondy ustaven rovnoběžně s osou Z (a rotační osy jsou v nulové poloze) a pro sondu je nastaven v tabulce nástrojů správný délkový offset tak, aby byl řízený bod na konci hrotu sondy, pak lze příkaz G31 použít na

- ◆ bez dalších známých parametrů sondy lze detekovat rovnoběžnost ploch obrobku s rovinou XY
- ◆ pokud známe přibližně poloměr hrotu sondy, lze zjišťovat rovnoběžnost ploch obrobku k rovinám XZ a YZ
- ◆ pokud je dřík hrotu sondy velmi přesně ustaven rovnoběžně s osou Z a je znám přibližně poloměr hrotu sondy, lze najít střed kruhové díry
- ◆ pokud je dřík hrotu sondy velmi přesně ustaven rovnoběžně s osou Z a je znám přesně poloměr hrotu, lze provádět mnoho přesných měření jako třeba zjišťování průměru kruhové díry apod.

Pokud nelze velmi přesně nastavit rovnoběžnost hrotu s osou Z, je dobré znát efektivní poloměry hrotu sondy minimálně ve směrech +X, -X, +Y a -Y. Tyto hodnoty se dají uložit do parametrů buď tak, že jsou zahrnuty do souboru parametrů nebo je můžete přímo zadat v Machu3.

Použití sondy spolu s rotačními osami je rovněž proveditelné, nicméně je to poměrně komplexní a složitá záležitost, kterou se zde nebudeme zabývat.

10.7.12.3. Ukázkový příklad

Jako funkční příklad je zde uveden program pro nalezení středu a průměru kruhové díry. Abychom použitím tohoto kódu docílili přesných výsledků, musí být dřík sondy velmi přesně ustaven co se týká rovnoběžnosti s osou Z, průřez sondy v nejširším místě musí být co nejvíce kruhový a musí být znám přesně poloměr hrotu sondy (opět v místě nejširšího průřezu). Pokud je průměr znám pouze přibližně, přesně lze zjistit pouze polohu středu, nikoliv průměr díry.

```
N010 (nalezení středu a průměru kruhové díry s použitím sondy)
N020 (tento program není funkční tak, jak je zde napsán. Musíte)
N030 (zadat čísla na místo <popis parametru>.)
N040 (smažte řádky N020, N030 a N040, až čísla doplníte.)
N050 G0 Z <Z-ová souřadnice bezpečné výšky> F <velikost posuvu>
N060 #1001=<nominální souřadnice X středu díry>
```

```

N070 #1002=<nominální souřadnice Y středu díry>
N080 #1003=<Z-ová poloha při měření uvnitř díry>
N090 #1004=<poloměr hrotu sondy>
N100 #1005=[<nominální průměr díry>/2.0 - #1004]
N110 G0 X#1001 Y#1002 (přesun nad nominální střed díry)
N120 G0 Z#1003 (sjetí dovnitř díry - pro opatrnější z vás použijte G1 místo G0)
N130 G31 X[#1001 + #1005] (detekování +X strany díry)
N140 #1011=#2000 (uložení výsledku)
N150 G0 X#1001 Y#1002 (zpět do středu díry)
N160 G31 X[#1001 - #1005] (detekování -X strany díry)
N170 #1021=[[#1011 + #2000] / 2.0] (výpočet přesné souřadnice X středu díry)
N180 G0 X#1021 Y#1002 (zpět do středu díry)
N190 G31 Y[#1002 + #1005] (detekování +Y strany díry)
N200 #1012=#2001 (uložení výsledku)
N210 G0 X#1021 Y#1002 (zpět do středu díry)
N220 G31 Y[#1002 - #1005] (detekování -Y strany díry)
N230 #1022=[[#1012 + #2001] / 2.0] (výpočet přesné souřadnice Y středu díry)
N240 #1014=[#1012 - #2001 + [2 * #1004]] (výpočet přesného průměru díry ve směru Y)
N250 G0 X#1021 Y#1022 (zpět do středu díry)
N260 G31 X[#1021 + #1005] (detekce +X strany díry)
N270 #1031=#2000 (uložení výsledků)
N280 G0 X#1021 Y#1022 (zpět do středu díry)
N290 G31 X[#1021 - #1005] (detekce -X strany díry)
N300 #1041=[[#1031 + #2000] / 2.0] (výpočet přesné souřadnice X středu díry)
N310 #1024=[#1031 - #2000 + [2 * #1004]] (výpočet přesného průměru díry ve směru X)
N320 #1034=[[#1014 + #1024] / 2.0] (výpočet průměrné hodnoty průměru)
N330 #1035=[#1024 - #1014] (výpočet rozdílu v průměrech díry)
N340 G0 X#1041 Y#1022 (zpět do středu díry)
N350 M2 (a to je vše lidičky)

```

V kódu musí být vstupy ve formě <popis parametru> nahrazeny skutečnými hodnotami, které odpovídají popisu. Po provedení uvedeného programu bude x-ová souřadnice středu díry uložena v parametru #1041, y-ová souřadnice středu díry v parametru #1022 a průměr díry v parametru #1034. Dále jsou k dispozici hodnoty jako průměr díry ve směru rovnoběžném s osou X v parametru #1024, průměr díry ve směru Y v parametru #1014 z rozdílu těchto hodnot (identifikátor kruhovitosti) v parametru #1035. Sonda bude po ukončení programu umístěna ve středu díry. Výše uvedený kód neobsahuje výměnu nástroje (sondy) ve vřetenu, takže v případě potřeby proveďte výměnu před spuštěním sami.

10.7.13. Kompenzace poloměru nástroje - G40, G41 a G42

Pro vypnutí kompenzace poloměru nástroje zadejte G40. Je dobré, pokud nehodláte kompenzaci v programu využít, ji vždy preventivně na začátku programu vypnout.

Kompenzace poloměru nástroje může být realizována pouze pokud je rovina XY nastavena jako pracovní.

Kompenzace poloměru nástroje zleva (tzn. fréza zůstává nalevo od programované trajektorie, pokud je zadán kladný poloměr frézy) se zapíná příkazem G41 D~. Kompenzace poloměru nástroje zprava (tzn. fréza zůstává napravo od programované trajektorie, pokud je zadán kladný poloměr frézy) se zapíná příkazem G42 D~. Slovo D~ je nepovinné a pokud není uvedeno, použije se poloměr nástroje z tabulky nástrojů pro aktuálně zvolený nástroj. Pokud se parametr D~ uvede, specifikuje index nástroje z tabulky nástrojů, který je právě ve vřetenu. Akceptovatelná hodnota parametru D je i nula, pak se použije jako poloměr pro kompenzaci nulová hodnota.

U příkazů G41 a G42 lze ještě dodatečně upřesnit poloměr nástroje slovem P~. Pozor však, tímto se přepíše i hodnota v tabulce nástrojů pro zvolený nástroj.

Je chybou, pokud

- ♦ hodnota D není kladné celé číslo nebo přesáhne počet prvků v tabulce nástrojů
- ♦ rovina XY není zvolena jako pracovní
- ♦ kompenzace poloměru nástroje je již aktivní

Chování obráběcího systému při zapnuté kompenzaci poloměru nástroje je detailně popsáno v kapitole 9. Povšimněte si důležitosti programování správných vstupních a výstupních pohybů nástroje.

10.7.14. Délkové offsety nástroje - G43, G44 a G49

K aktivaci délkového offsetu nástroje zadejte G43 H~, kde hodnota H~ určuje index nástroje z tabulky nástrojů, pro který se délkový offset zapíná. Očekává se, že všechny hodnoty v této tabulce jsou kladné. Číslo H~ by mělo být, ale nutně nemusí, být shodné s číslem nástroje, který je právě ve vřetenu. Číslo H může být také zadáno s nulovou hodnotou, pak bude použit nulový délkový offset nástroje. Pokud není hodnota H uvedena, má to stejný efekt jako by se zadala nulová hodnota.

Příkaz G44 je podporován víceméně z důvodu kompatibility a lze ho použít, pokud data délkových offsetů v tabulce nástrojů byla zadána v záporných hodnotách.

Je chybou, pokud

- ♦ číslo H není přirozené číslo, je záporné nebo větší než počet prvků v tabulce nástrojů

Pokud nechcete použít nebo chcete vypnout délkový offset nástroje, zadejte G49.

Je povoleno nastavit délkový offset nástroje, pokud již je nastavený, nebo ho vypnout, pokud je již vypnutý.

10.7.15. Měřítkové faktory G50 a G51

Definovat měřítkové faktory, které budou aplikovány na zadávané souřadnice X, Y, Z, A, B, C, I a J lze příkazem G51 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~, kde hodnoty souřadnicových slov definují vlastní měřítkové faktory. Tyto hodnoty pochopitelně nepodléhají dříve nastaveným měřítkům.

Není dovoleno použít nestejně měřítkové faktory pro generování eliptických oblouků příkazy G2 nebo G3.

Pro resetování nastavených měřítkových faktorů na hodnoty 1.0 použijte příkaz G50.

10.7.16. Dočasné offsety souřadného systému - G52

Pro posun aktuální polohy řízeného bodu o nějakou kladnou či zápornou hodnotu (bez nutnosti pohybu) zadejte G52 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~, kde slova souřadnic představují offsety, o které má být požadovaný posuv proveden. Všechna slova souřadnic jsou nepovinná, ale je nutné zadat alespoň jednu z hodnot. V případě, že některá souřadnice je vynechána, příslušná osa svoji hodnotu nezmění. Je chybou, pokud

- ♦ jsou vynechána všechna slova souřadnic

Příkazy G52 a G92 používají společný vnitřní mechanismus Machu3 a nesmí se používat společně.

Pokud je proveden příkaz G52, dojde k posunu počátku aktuálního souřadného systému o zadané hodnoty. Efekt takto modifikovaného souřadného systému lze zrušit zadáním G52 X0 Y0 atd.

Zde je příklad použití: předpokládejme, že aktuální poloha je X=4. Pokud zadáte G52 X7, výsledná hodnota bude X=-3.

Tyto offsety se použijí vždy, když se polohuje v režimu absolutních souřadnic v libovolném souřadném systému, tedy všechny pracovní souřadné systémy jsou offsety nastavenými příkazem G52 ovlivněny.

10.7.17. Pohyb v absolutních souřadnicích - G53

Pro přímočarý pohyb do bodu specifikovaného v absolutních souřadnicích stroje je nutné zadat G1 G53 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ (nebo obdobně G0 místo G1), kde všechny souřadnice jsou nepovinné, ale minimálně jedna musí být zadána. Rovněž G1 či G0 nejsou povinné, pokud je již aktivní požadovaný polohovací režim. Příkaz G53 je nemodální a musí se použít na každé řádce, kde je potřeba polohovat v souřadnicích stroje. Je chybou, pokud

- ♦ G53 je použito a není aktivní ani jeden z polohovacích režimů G0 či G1
- ♦ G53 je použito a je zapnuta kompenzace poloměru nástroje

Pro detaily ohledně souřadných systémů si přečtěte relevantní kapitoly .

10.7.18. Výběr pracovního souřadného systému - G54 až G59 & G59 P~

Pro výběr pracovního souřadného systému #1 zadejte příkaz G54 a obdobně pro prvních šest pracovních systémů, přičemž páry č. systému/g-kód jsou následující: (1-G54, 2-G55, 3-G56, 4-G57, 5-G58 a 6-G59).

Pro volbu libovolného z 254 pracovních souřadných systémů použijte příkaz G59 P~, kde parametr P~ reprezentuje index požadovaného systému, tedy G59 P5 je identické jako G58. Je chybné, pokud

- ♦ některý z kódů je použit, pokud je aktivní kompenzace poloměru nástroje

10.7.19. Režim řízení trajektorie - G61 a G64

Pro volbu režimu Exact Stop se použije příkaz G61, pro režim Constant Velocity pak G64. Není chybou, pokud se zadá režim, který je již aktivní. Uvedené režimy již byly popsány v předchozích kapitolách.

10.7.20. Natočení souřadného systému - G68 a G69

Pro natočení souřadného systému použijte G68 A~ B~ I~ R~. Hodnota A~ je x-ovou souřadnicí a B~ y-ovou středem otáčení v aktuálním souřadném systému včetně všech offsetů pracovních a nástrojových a rovněž i G52/G92.

Hodnota R~ představuje úhel rotace ve stupních (kladná hodnota je orientována CCW při pohledu z kladného konce osy Z).

Hodnota I~ je nepovinná a uvedená hodnota není použita (i když je ji nutné zadat). Pokud je parametr I~ použit, je to interpretováno tak, že se zadaný úhel R~ pouze přidá k již definované velikosti natočení systému definované předchozím příkazem G68.

Např. G68 A12 B25 R45 způsobí natočení souřadného systému o 45° okolo bodu X=12, Y=25. A následně příkazem G68 A12 B35 I1 R40 natočí systém o 45+40=85° okolo bodu X=12, Y=25.

Pro zrušení natočení použijte G69

Poznámka:

- Takto lze natáčet souřadný systém, pouze pokud je pracovní rovinou zvolena rovina XY
- Pokud se použije slovo I, může být definován jiný střed otáčení než v předchozím nastavení, ačkoliv v tomto případě je potřeba vše dobře zvážit.

10.7.21. Délkové jednotky G70 a G71

Pro výběr palcových délkových jednotek zadejte G70, pro metrické jednotky (mm) zadejte G71.

Je dobrým zvykem definovat používané délkové jednotky na počátku každého programu ještě dříve, než se začne polohovat, a již nikde dále v kódu nastavení jednotek neprovádět. Je na odpovědnosti uživatele, že všechny zadávané souřadnice jsou ve shodě s nastaveným systémem jednotek. Podívejte se rovněž na kódy G20/G21, která jsou synonymy pro G70/G71.

10.7.22. Pevný cyklus - vysokorychlostní vrtání s výplachem G73

Cyklus G73 je určen pro hluboké vrtání a frézování s lámáním třísky. Podívejte se rovněž na cyklus G83. Zpětné posuvy nástroje během vrtání v tomto cyklu způsobují odlamování špon, i když nástroj zcela neopouští vrtanou díru. To je vhodné pro nástroje s dlouhou šroubovicí, která odvádí třísky z obráběné díry. Tento cyklus používá parametr Q, který specifikuje tzv. "delta" posuv ve směru osy Z. Formát funkce je

G73 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~ Q~

- ◆ Nejprve následuje přibližovací pohyb, který je popsán u pevných cyklů G81 až G89
- ◆ Posuv osy Z nastaveným posuvem směrem dolů o vzdálenost "*delta*" nebo do pozice Z podle toho, která je méně hlubší
- ◆ Posuv zpět rychloposuvem o vzdálenost definovanou hodnotou *G73 Pullback* v konfiguraci Config>Port&Pins, karta Mill Options
- ◆ Pohyb rychloposuvem na dno díry resp. s mírnou vůlí ode dna
- ◆ Opakování kroků 1, 2 a 3, dokud se v kroku 1 nedosáhne zadané hodnoty Z
- ◆ Návrat osy Z rychloposuvem na bezpečnou výšku (viz. G98/G99)

Je chybou, pokud

- ◆ hodnota Q je záporná nebo nulová

10.7.23. Zrušení modálního polohování - G80

Zadejte příkaz G80 k zajištění, že se žádná z os nebude pohybovat. Je chyba, pokud

- ◆ jsou zadána nějaká slova souřadnic, pokud je aktivní G80, a není vložen G-kód z modální skupiny 0, který využívá souřadnice pro polohování

10.7.24. Pevné cykly - G81 až G89

V následujícím odstavci bude popsáno, jakým způsobem jsou implementovány pevné cykly G81 až G89. Jsou uvedeny dva příklady s popisem chování cyklu G81.

Všechny pevné cykly jsou prováděny s ohledem na aktuálně zvolenou pracovní rovinu, kterou může být libovolná ze tří XY, XZ nebo YZ.

V následujícím popisu je předpokládáno, že je pracovní rovinou vybrána rovina XY. Chování je vždy analogické, pokud je vybrána rovina YZ a XZ.

Souřadnice rotačních os jsou v pevných cyklech povoleny, ale je lepší je vypustit. Pokud se použijí, musí mít zadané hodnoty vždy stejnou velikost jako aktuální poloha daných os, jinými slovy rotační osy se nesmějí během pevných cyklů pohybovat.

Všechny pevné cykly používají při zadávání kódu čísla X, Y, R a Z. Tyto hodnoty se používají k definování poloh X, Y, Z a R cyklu. Parametr R (většinou znamená *retract* - návrat) je vztažen k ose kolmé na pracovní rovinu. Některé pevné cykly mají ještě další parametry.

Pro pevné cykly nazýváme parametr jako "*přilepený*" tehdy, pokud je stejný cyklus použit na několika řádcích za sebou. Tento parametr je nutné definovat hned v prvním cyklu, ale je nepovinným v řádcích dalších. "*Přilepené*" parametry si zachovávají svoji hodnotu po zbytek kódu, pokud nejsou explicitně změněny. Parametr R je vždy "*přilepený*".

V inkrementálním režimu odměřování: pokud je zvolena rovina XY, pak hodnoty X, Y a R představují relativní vzdálenosti k aktuální poloze a souřadnice Z je relativní vzdáleností od polohy osy Z v okamžiku, než dojde v rámci pevného cyklu k polohování této osy. Pokud jsou zvoleny roviny XZ nebo YZ, pak je význam analogický. V absolutním režimu odměřování představují souřadnice X, Y, Z a R vždy absolutní polohu v aktuálním souřadném systému.

Parametr L je nepovinný a představuje počet opakování cyklu. Zadání $L=0$ není povoleno. Pokud je použita funkce opakování, většinou se tak děje v inkrementálním režimu odměřování, takže je opakována stejná sekvence pohybů na několika stejně vzdálených místech podél přímky. V absolutním režimu $L>1$ znamená "opakuj stejný cyklus na stejném místě L-krát". Pokud se parametr L nezadá, pak je to stejné, jako by $L=1$. Parametr L není "přilepený".

Pokud je $L>1$ v inkrementálním režimu odměřování a je zvolena pracovní rovina XY, souřadnice X a Y jsou dány přičtením zadaných parametrů X a Y (přírůstků) k aktuální poloze (pro první cyklus) nebo k poloze na konci předchozího průchodu cyklem (při opakování). Hodnoty R a Z se při opakování nemění.

Je chybou, pokud

- ♦ hodnoty X, Y a Z při zadávání pevného cyklu chybí
- ♦ je požadován parametr P a zadá se záporné číslo
- ♦ v pevném cyklu je programováno polohování rotačních os
- ♦ během cyklů je aktivní INVERSE TIME FEED RATE
- ♦ je zapnuta kompenzace poloměru nástroje

Pokud je vybrána pracovní rovina XY, parametr Z je "přilepený" a je chybou, když

- ♦ parametr Z chybí a stejný vrtací cyklus nebyl předtím použit
- ♦ parametr R je menší než Z

Pokud je vybrána pracovní rovina XZ, parametr Y je "přilepený" a je chybou, když

- ♦ parametr Y chybí a stejný vrtací cyklus nebyl předtím použit
- ♦ parametr R je menší než Y

Pokud je vybrána pracovní rovina YZ, parametr X je "přilepený" a je chybou, když

- ♦ parametr X chybí a stejný vrtací cyklus nebyl předtím použit
- ♦ parametr R je menší než X

10.7.24.1. Počáteční najíždění a mezipolohování mezi operacemi

V počátečním stádiu vykonávání pevných cyklů (s vybranou pracovní rovinou XY) pokud je aktuální poloha Z níže než zadaná hodnota R, osa Z se rychloposuvem přemístí do pozice R. To se děje pouze jednou na počátku bez ohledu na počet opakování cyklu parametrem L.

Dále na počátku prvního a v každém dalším průchodu cyklem se vykonávají následující jeden nebo dva pohyby

- ♦ přímočarý pohyb rychloposuvem v rovině rovnoběžné s rovinou XY do zadané polohy X, Y
- ♦ přímočarý pohyb rychloposuvem osy Z do polohy R, pokud v této poloze není

V případě, že jsou aktivní pracovní rovinou zvoleny roviny XZ nebo YZ, počáteční pohyby jsou analogické.

10.7.24.2. Cyklus G81

Cyklus G81 je určen pro vrtání. Programuje se G81 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~

- ♦ počáteční pohyby jak bylo popsáno výše
- ♦ posuv osy Z zadaným posuvem do pozice Z
- ♦ návrat osy Z rychloposuvem na bezpečnou výšku (viz. příkazy G98/G99)

Příklad 1: Předpokládejte aktuální polohu (1,2,3) a zvolenou pracovní rovinu XY. Kód

G90 G81 G98 X4 Y5 Z1.5 R2.8

je interpretován tak, že příkaz G90 specifikuje absolutní režim odměřování, příkaz G98 nastavuje bezpečnou výšku návratu pevného cyklu na hodnotu aktuálního Z. Pak následuje spuštění pevného vrtacího cyklu G81 v poloze X=4, Y=5 do hloubky Z=1.5, přičemž bezpečná výška nad obrobkem je Z=2.8. Uskuteční se následující pohyby

- ♦ rychloposuv do polohy (4,5,3)
- ♦ rychloposuv do polohy (4,5,2.8)
- ♦ vlastní vrtání zadaným posuvem do pozice (4,5,1.5)
- ♦ rychloposuv do pozice (4,5,3)

Příklad 2: Předpokládejme aktuální polohu (1,2,3) a zvolenou pracovní rovinu XY. Kód

G91 G81 G98 X4 Y5 Z-0.6 R1.8 L3

je interpretován tak, že příkaz G91 zvolí režim inkrementálního odměřování, G98 nastavuje polohu návratu u pevných cyklů. Poté následuje spuštění vrtacího cyklu G81, který je třikrát opakován

- ♦ prvním pohybem je rychloposuv osy Z do polohy (1,2,4.8), neboť aktuální poloha Z=3 je menší než bezpečná výška $3+1.8=4.8$

Následují tři pohyby prvního průchodu cyklem

- ♦ rychloposuv do polohy (5,7,4.8)
- ♦ vrtání zadaným posuvem do pozice (5,7,4.2)
- ♦ návrat rychloposuvem do polohy (5,7,4.8)

Druhý průchod se skládá z pohybů

- ♦ rychloposuv do polohy (9,12,4.8)
- ♦ vrtání zadaným posuvem do pozice (9,12,4.2)
- ♦ návrat rychloposuvem do polohy (9,12,4.8)

Třetí průchod se skládá z pohybů

- ♦ rychloposuv do polohy (13,17,4.8)
- ♦ vrtání zadaným posuvem do pozice (13,17,4.2)
- ♦ návrat rychloposuvem do polohy (13,17,4.8)

10.7.24.3. Cyklus G82

Cyklus G82 je určen pro vrtání a programuje se G82 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~ P~

- ◆ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ◆ pohyb osy Z nastaveným posuvem do pozice Z
- ◆ prodleva P vteřin v dolní úvrati
- ◆ návrat rychloposuvem na bezpečnou výšku (viz G98/G99)

10.7.24.4. Cyklus G83

Cyklus G83 (často nazývaný vrtání s výplachem) je určený pro vrtání či frézování hlubokých děr s odlamováním třísky. Podívejte se rovněž na cyklus G73. Zpětné pohyby nástroje v ose Z v tomto cyklu odstraňují s díry třísky a přerušují dlouhé špony (které jsou obvyklé při obrábění hliníkových slitin). V tomto cyklu se používá parametr Q, který definuje velikost "*delta*" přírůstku ve směru osy Z. Formát cyklu je

G83 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~ Q~

- ◆ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ◆ pohyb osy Z zadaným posuvem směrem dolů o velikost "*delta*" nebo do polohy Z podle toho, která je méně hlubší
- ◆ rychloposuv osy Z zpět z díry do polohy bezpečné výšky
- ◆ rychloposuv na dno díry, s mírnou vůlí ode dna
- ◆ opakování kroků 1, 2 a 3 až po dosažení polohy Z v kroku 1
- ◆ návrat rychloposuvem do bezpečné výšky (viz. G98/G99)

Je chybou, pokud

- ◆ parametr Q je záporné číslo nebo nula

10.7.24.5. Cyklus G84

Cyklus G84 je určen k řezání pravotočivých závitů závitníkem. Formát zápisu je

G84 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~

- ◆ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ◆ spuštění režimu synchronizace posuvu a otáček vřetena
- ◆ pohyb osy Z nastaveným posuvem do programované pozice Z
- ◆ zastavení vřetena
- ◆ spuštění vřetena opačným směrem (CCW)
- ◆ polohování osy Z zadaným posuvem na bezpečnou výšku (viz. G98/G99)
- ◆ pokud nebyl před spuštěním cyklu aktivní režim synchronizace posuvu a otáček vřetena, deaktivace tohoto režimu
- ◆ zastavení vřetena
- ◆ spuštění vřetena (CW)

Před spuštěním tohoto cyklu se musí vřeteno otáčet pravotočivě (CW). Je chybou, pokud

- ♦ vřeteno se před spuštěním cyklu G84 netočí pravotočivě

U tohoto cyklu musí programátor správně zadat otáčky vřetena a velikost posuvu, aby byla po celou dobu obrábění dodržena odpovídající rozteč závitů. Např. pokud je rozteč závitů 2 závity na mm a pracovní posuv byl zadán F150, pak musí být zadána velikost otáček vřetena S300, neboť $150 \times 2 = 300$

V případě, že jsou zapnuty přepínače Feed a Speed Override a otáčky ani posuv nejsou nastaveny na 100%, pak se jako výchozí použije hodnota nižší (procentuálně) a otáčky i posuv se synchronizují.

10.7.24.6. Cyklus G85

Cyklus G85 je určen pro zahlubování nebo vystružování, ale lze ho použít i pro vrtání či frézování. programuje se G85 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~

- ♦ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ♦ posun osy Z zadaným posuvem do polohy Z
- ♦ návrat osy Z zadaným posuvem na bezpečnou výšku (viz. G98/G99)

10.7.24.7. Cyklus G86

Cyklus G86 je určen pro zahlubování. Cyklus používá parametr P pro specifikaci délky prodlevy ve spodní úvrati. Formát zápisu je G86 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~ P~

- ♦ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ♦ posun osy Z zadaným posuvem do polohy Z
- ♦ prodleva P vteřin ve spodní úvrati
- ♦ zastavení vřetena
- ♦ návrat osy Z rychloposuvem na bezpečnou výšku (viz. G98/G99)
- ♦ opětovné spuštění vřetena

Před spuštěním tohoto cyklu musí být spuštěno vřeteno. Je chybou, pokud

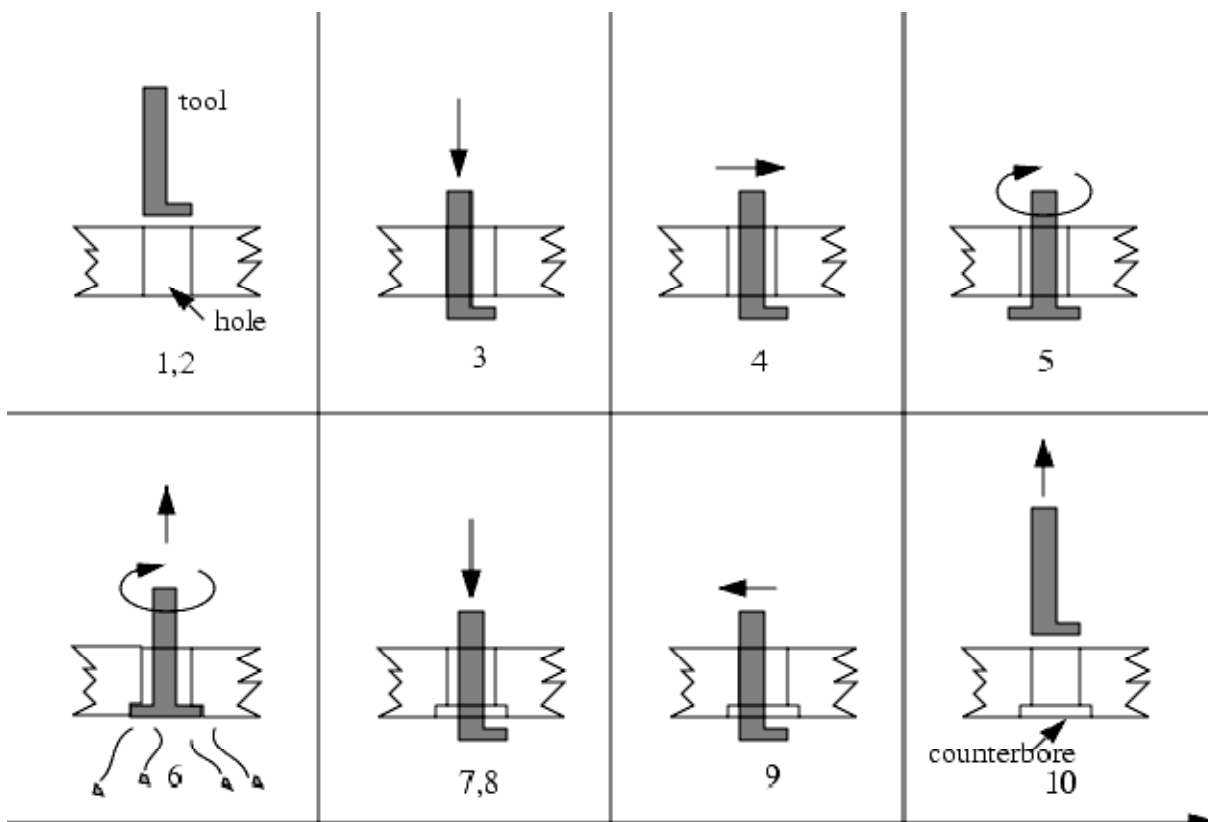
- ♦ před spuštěním cyklu G86 není spuštěno vřeteno

10.7.24.8. Cyklus G87

Cyklus G87 je určen pro spodní zahlubování. Formát zápisu je

G87 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~ L~ I~ J~ K~

Typická situace pro použití tohoto cyklu je uvedena na obrázku 10.6, kdy máme průchozí díru a chceme obrábět zahloubení díry z opačné strany. K tomu je zapotřebí nástroj ve tvaru L s řeznou částí na horní straně základny. Nástroj se opatrně prostrčí dírou (při zastaveném vřetenu), musí být orientován tak, aby volně prošel dírou. Následuje posuv ve směru kolmém na osu nástroje do polohy, kdy je osa nástroje v ose díry. Spustí se vřeteno a následuje pohyb osy Z zadaným posuvem směrem nahoru, čímž se vytvoří spodní zahloubení. Po dokončení se zastaví vřeteno do orientované polohy a nástroj se vyjme s díry.



Obrázek 10.6 – Pevný cyklus G87 – sekvence zpětného zahlubování

Tento cyklus používá parametry I a J pro indikaci polohy vsouvání a vyjímání nástroje z díry. I a J jsou vždy zadávány relativně vzhledem k poloze X, Y bez ohledu na nastavený režim odměřování. Dále cyklus používá parametr K pro určení polohy horní hrany spodního zahloubení, a to v ose Z (u parametru K záleží na nastaveném režimu odměřování absolutní/relativní).

- ◆ počáteční pohyb dle popisu výše uvedeného
- ◆ pohyb rychloposuvem v rovině rovnoběžné s rovinou XY do bodu zadaného parametry I a J
- ◆ zastavení vřetena v orientované poloze
- ◆ pohyb osy Z rychloposuvem do pozice Z
- ◆ pohyb rychloposuvem v rovině rovnoběžné s rovinou XY do pozice X, Y
- ◆ spuštění vřetene v původním směru otáčení
- ◆ pohyb osy Z zadaným posuvem směrem nahoru do polohy dané parametrem K
- ◆ pohyb osy Z zadaným pohybem zpět do pozice Z
- ◆ zastavení vřetena v orientované poloze
- ◆ pohyb rychloposuvem v rovině rovnoběžné s rovinou XY do bodu zadaného parametry I a J
- ◆ posuv osy Z do bezpečné výšky (viz. G98/G99)
- ◆ pohyb rychloposuvem v rovině rovnoběžné s rovinou XY do pozice X, Y
- ◆ spuštění vřetena v původním směru otáčení

Při programování tohoto cyklu musí být zadány hodnoty parametrů I a J tak, že pokud je nástroj zastaven v orientované poloze, musí volně procházet dírou. Vzhledem k různým nástrojům je tato poloha vždy rozdílná a je nutné ji buď vypočítat analyticky nebo experimentálně polohu určit.

10.7.24.9. Cyklus G88

Cyklus G88 je určen pro zahlubování. V tomto cyklu se používá parametr P~ definující velikost prodlevy. Formát zápisu je G88 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~~ L~ P~

- ♦ počáteční pohyb jak bylo popsáno výše
- ♦ pohyb osy Z zadaným posuvem do pozice Z
- ♦ prodleva P vteřin
- ♦ zastavení vřetena
- ♦ přerušení programu, aby mohl operátor vrátit vřeteno do původní polohy ručně
- ♦ spuštění vřetena v původním směru

10.7.24.10. Cyklus G89

Cyklus G89 je určen pro zahlubování. V tomto cyklu se používá parametr P~ definující velikost prodlevy. Formát zápisu je G89 X~ Y~ Z~ A~ B~ C~ R~~ L~ P~

- ♦ počáteční pohyb jak bylo popsáno výše
- ♦ pohyb osy Z zadaným posuvem do pozice Z
- ♦ prodleva P vteřin
- ♦ návrat osy Z zadaným posuvem na bezpečnou výšku

10.7.25. Nastavení režimu odměřování - G90 a G91

Interpretovat kód Mach3 lze ve dvou režimech odměřování: absolutní a inkrementální.

Pro nastavení absolutního režimu zadejte G90. V tomto režimu pak slova souřadnic X, Y, Z, A, B a C obvykle reprezentují polohu v aktuálním souřadném systému. Všechny výjimky tohoto pravidla jsou explicitně popsány u příslušných kódů.

Pro nastavení inkrementálního režimu odměřování zadejte G91. Pak slova souřadnic reprezentují přírůstky k aktuální poloze.

Parametry I a J vždy vyjadřují relativní souřadnice bez vlivu aktuálně nastaveného režimu odměřování. Parametr K rovněž vyjadřuje relativní hodnoty až na jednu výjimku, a to v pevném cyklu G87, kdy záleží na nastavení režimu viz. příkaz G87.

10.7.26. Nastavení režimu IJ - G90.1 a G91.1

Interpretovat parametry IJK v příkazech G2 a G3 lze dvojím způsobem: absolutním či inkrementálním.

Pro absolutní režim zadejte G90.1 a pak parametry IJK určují polohu středu oblouku v souřadnicích aktuálního souřadného systému.

Pro inkrementální režim zadejte G91.1 a pak IJK definují polohu středu oblouku relativně k počátečnímu bodu.

Špatné nastavení režimu IJK zpravidla způsobí nesprávné zobrazení oblouků na obrazovce náhledu trajektorie nástroje.

10.7.27. Offsety G92 - G92, G92.1, G92.2 a G92.3

Pro bližší informace ohledně souřadných systémů si přečtěte příslušné kapitoly tohoto manuálu. Důrazně Vám doporučujeme nepoužívat tento typ offsetu na osy, u kterých již byly nějaké offsety aplikovány.

Změnit souřadnice aktuálního bodu bez nutnosti pohybu lze zadáním $G92 \ X \sim \ Y \sim \ Z \sim \ A \sim \ B \sim \ C \sim$, kde slova souřadnic specifikují požadované souřadnice aktuálního bodu. Všechna slova jsou nepovinná, ale alespoň jedna hodnota musí být zadána. Je chybou, pokud

- ♦ jsou vynechány všechny souřadnice

Příkazy G52 a G92 používají společný vnitřní mechanismus Mach3 a nesmí se používat dohromady.

Když je vykonán příkaz G92, dojde k posunutí počátku souřadného systému, a to tak, že se vypočítají potřebné posuny počátku, aby souřadnice aktuálního bodu odpovídaly zadaným parametrům. Navíc jsou do parametrů 5211 až 5216 uloženy vypočtené offsety os X, Y, Z, A, B a C. Offset dané osy představuje vzdálenost, o kterou je nutné posunout počátek osy, aby souřadnice aktuálního bodu nabývala požadovanou hodnotu.

Zde je příklad: předpokládejme, že x-ová souřadnice aktuální polohy v aktuálním souřadném systému je $X=4$ a offset pro osu X je nulový. Pak příkaz $G92 \ X7$ nastaví příslušný offset osy X na hodnotu -3, nastaví parametr 5211 na hodnotu -3 a způsobí, že x-ová souřadnice aktuálního bodu bude 7.

Při polohování v absolutním režimu odměřování jsou vždy používány offsety os v každém pracovním souřadném systému, proto jsou všechny tyto pracovní souřadné systémy ovlivněny funkcí G92.

V inkrementálním režimu nemá použití G92 žádný efekt.

Při použití G92 již mohou být nastaveny nenulové offsety z předchozího volání G92. V tomto případě jsou před zapsání nových hodnot původní čísla smazána. Matematicky je nová hodnota každého offsetu dána vztahem $A+B$, kde A představuje hodnotu offsetu jako by byla hodnota původního offsetu nulová a číslo B vyjadřuje hodnotu původního offsetu. Například po vykonání předchozího příkladu je hodnota souřadnice X aktuálního bodu 7. Zadáme-li příkaz $G92 \ X9$, pak hodnota nového offsetu bude -5, což vyplývá ze vztahu $[(7-9) + -3]$. Zadáním dalšího příkazu $G92 \ X9$ však již ke změně hodnoty offsetu nedojde.

Pro nulování offsetů os zadejte G92.1 nebo G92.2. Příkaz G92.1 nuluje rovněž i hodnoty parametrů 5211 až 5216, zatímco příkaz G92.2 hodnoty parametrů zachová.

Pro opětovné nastavení offsetů na hodnoty uložené v parametrech 5211 až 5216 použijte příkaz G92.3

Uvedený mechanismus umožňuje nastavení offsetů v jednom programu a jejich použití v programu jiném. V prvním programu zadejte G92 včetně požadovaných souřadnic, čímž se kromě jiného uloží vypočtené hodnoty offsetů do parametrů 5211 až 5216. Ve zbytku prvního programu již nesmíte použít příkaz G92.1. Po ukončení prvního programu budou hodnoty offsetů uloženy v parametrech 5211 až 5216 a na začátku jiného programu stačí zadat G92.3 a tím se offsety obnoví.

10.7.28. Nastavení jednotek posuvu - G93, G94 a G95

Mach3 rozpoznává celkem tři způsoby specifikace velikosti posuvu: INVERSE TIME, jednotky za minutu a jednotky za otáčku vřetena.

Pro volbu INVERSE TIME zadejte G93 (tento režim je používán velmi zřídka). Pro režim jednotky za minutu zadejte G94 a pro režim jednotky za otáčku vřetena pak G95.

V režimu INVERSE TIME se hodnota posuvu zadává slovem F, jehož hodnota je interpretována tak, že daný pohyb bude dokončen za $1/F$ minut. Pokud se např. zadá F2.0, pohyb bude trvat půl minuty.

V režimu jednotky za minutu pak hodnota zadaná slovem F představuje dráhu, kterou řízený bod urazí za jednu minutu. V závislosti na nastavených délkových jednotkách a na typu osy to pak může být palce za minutu, milimetry za minutu nebo stupně za minutu.

V režimu jednotky za otáčku vřetena reprezentuje hodnota F dráhu, kterou urazí řízený bod během jedné otáčky vřetena a opět podle nastavení délkových jednotek a typu osy může být rozměr palce za otáčku, milimetry za otáčku nebo stupně za otáčku.

Pokud je zvolen INVERSE TIME, pak se musí slovo F objevit na každé řádce s příkazy G1, G2 nebo G3. Na řádcích, kde se objeví slovo F a které neobsahují G1, G2 ani G3, se slovo F ignoruje. Velikost rychloposuvu (pohyby G0) není nastavením typu zadávání jednotek posuvu ovlivněno. Je chybou, pokud

- ♦ je aktivní režim INVERSE TIME a řádky s G1, G2 nebo G3 (zadané explicitně či implicitně) neobsahují slovo F

10.7.29. Nastavení úrovně návratu pevných cyklů - G98 a G99

Při návratu vřetena (např. osy Z pro pracovní rovinu XY) během pevných cyklů lze vybrat hodnotu tzv. bezpečné výšky:

- 1) návrat kolmo na pracovní rovinu do polohy zadané parametrem R
- 2) návrat kolmo na pracovní rovinu do polohy, v níž byla osa právě před spuštěním pevného cyklu. Pokud by však tato hodnota byla níže než hodnota daná hodnotou R, použije se hodnota R.

Pro volbu č.1 zadejte G99, pro volbu č.2 pak G98. Berte v potaz, že parametr R má dle režimu odměřování (absolutní/inkrementální) jiný význam.

10.8. Podporované M-kódy

V tabulce 10.7 jsou uvedeny M-kódy, které jsou Machem3 přímo podporovány.

M-kód	Význam
M0	Zastavení programu
M1	Podmíněné zastavení programu
M2	Konec programu
M3/4	Spuštění vřetena CW/CCW
M5	Zastavení vřetena
M6	Výměna nástroje (dvěma makry)
M7	Zapnutí kapalinového chlazení
M8	Zapnutí chlazení mlhou
M9	Vypnutí obou druhů chlazení
M30	Konec programu a jeho přetočení na začátek
M47	Opakovat program od první řádky
M48	Zapnutí Speed a Feed Override
M49	Vypnutí Speed a Feed Override
M98	Volání podprogramu
M99	Návrat z podprogramu

Tabulka 10.7 – Přímě podporované M-kódy

10.8.1. Zastavení a ukončení programu - M0, M1, M2 a M30

Pro dočasné zastavení běžícího programu (bez vlivu nastavení podmíněného zastavení) zadejte M0.

Pro dočasné zastavení běžícího programu (pouze pokud je aktivní podmíněné zastavení) zadejte M1.

V režimu MDI lze zadat M0 i M1, ale výsledný efekt nebude pravděpodobně žádný, protože normální chování v režimu MDI je zastavení po vykování každé zadané řádky.

Pokud je program zastaven příkazy M0 a M1, stisknutím tlačítka *Cycle Start* se spustí vykonávání programu od další řádky.

Pro ukončení programu zadejte M2 nebo M30. M2 vykoná následující řádku jako M2, zatímco M30 "převine" program G-kódu na začátek. Uvedené příkazy mohou v závislosti na konfiguraci provádět následující činnosti:

- ♦ offsety os se nulují (jako příkazem G92.2) a offsety počátku se nastaví na výchozí souřadný systém (jako G54)
- ♦ pracovní rovinou je zvolena rovina XY (jako G17)
- ♦ režim odměřování je nastaven na jednotky za minutu (jako G90)
- ♦ přepínače Feed a Speed Override jsou zapnuty (jako M48)
- ♦ kompenzace poloměru nástroje je vypnuta (jako G40)
- ♦ je zastaveno vřeteno (jako M5)
- ♦ režim polohování je nastaven na G1 (jako G1)
- ♦ je vypnuto chlazení (jako M9)

Po příkazech M2 nebo M30 již není vykonána žádná další řádka kódu. Stisknutím tlačítka *Cycle Start* se opět spustí program (M2) nebo odstartuje program od začátku (M30).

10.8.2. Ovládání vřetena - M3, M4 a M5

Pro spuštění vřetena, aby se otáčelo pravotočivě ve směru hodinových ručiček zadanými otáčkami programujte M3.

Pro spuštění vřetena, aby se otáčelo levotočivě proti směru hodinových ručiček zadanými otáčkami programujte M4.

K zastavení vřetena zadejte M5.

Otáčky vřeten, jejichž rychlost je řízena buď PWM nebo Step/Dir, se zadávají slovem S~. Pro vřetena, která se pouze zapínají a vypínají, lze rychlost nastavit ručně buď volbou vhodného převodu na řemenicích popř. elektronicky.

I když je rychlost vřetena nastavena na nulu, lze použít příkazy M3 nebo M4. Pokud tak učiníte (popř. pokud je zapnut přepínač Speed Override a je nastavena hodnota 0%), vřeteno se nezačne otáčet. Pokud později zadáte nenulovou rychlost a/nebo vypnete přepínač Speed Override či zvýšíte hodnotu nad 0%, vřeteno se začne otáčet. Je povoleno použít M3 nebo M4, pokud se již vřeteno otáčí nebo M5 pokud je zastaveno, ale určitě si přečtěte pojednání o bezpečnostních opatřeních v konfiguraci a o důsledcích operací, které reverzují chod otáčejícího se vřetena.

10.8.3. Výměna nástroje - M6

Pokud není v konfiguraci zatržena volba ignorování výměny nástroje, Mach3 spustí makro M6Start vždy, když narazí v kódu na příkaz M6. Poté čeká, než je stisknuto tlačítko *Cycle Start*, vykoná makro M6End a pokračuje ve vykonávání part-programu. Pokud chcete, můžete uvedená makra s použitím příkazů Visual Basicu přizpůsobit pro ovládání Vašich mechanismů pro výměnu nástrojů případně polohovat osami do pozice vhodné pro výměnu nástroje.

Pokud je vybrána možnost ignorovat výměnu nástroje, pak příkaz M6 nemá žádný efekt.

10.8.4. Ovládání chlazení - M7, M8 a M9

Pro zapnutí kapalinového chlazení zadejte M7.

Pro zapnutí chlazení mlhou zadejte M8.

Pro vypnutí obou typů chlazení zadejte M9.

Bez ohledu na aktuální stav zapnutí či vypnutí obou druhů chlazení lze bez problémů tyto příkazy kdykoliv použít.

10.8.5. Opětovné spuštění od první řádky - M47

Pokud při zpracování programu narazí překladač na příkaz M47, bude part-program pokračovat od první řádky. Je chybou, pokud

- ♦ příkaz M47 je použit v podprogramu

Běh programu lze zastavit tlačítky *Pause* a *Stop*.

Přečtěte si rovněž použití příkazu M99 vně podprogramů, což má stejný efekt jako příkaz M47.

10.8.6. Přepínače Override - M48 a M49

Pro zapnutí přepínačů Feed a Speed Override zadejte M48. Pro jejich vypnutí zadejte M49. Bez omezení lze zapínat již zapnuté a vypínat již vypnuté přepínače Override.

10.8.7. Volání podprogramů - M98

Volání podprogramů má dva formáty

- (a) K volání podprogramů v rámci nahraného programu zadejte M98 P~ L~ nebo M98 P~ Q~. Program musí obsahovat návěstí specifikované slovem O se stejným číslem, jaký má parametr P při volání podprogramu. Řádka s návěstím O označuje začátek podprogramu a nesmí obsahovat číslo řádku (slovo N). Návěstí a další řádky podprogramů jsou většinou umístěny za M2, M30 nebo M99 a nevykonávají se přímo během zpracování hlavního programu.
- (b) K volání podprogramu, který je uložen na disku jako samostatný soubor, zadejte M98 (filename)L~ např. M98 (test.tap)

Pro oba formáty platí:

Slovo L~ (případně slovo Q~) reprezentuje počet, kolikrát se bude podprogram volat, než se bude pokračovat ve vykonávání následujícího řádku. Pokud slovo L (Q) není uvedeno, je jeho hodnota implicitně 1.

S použitím parametrů nebo inkrementálního režimu odměřování lze opakováním podprogramů provádět několik hrubovacích řezů kolem obráběného tvaru nebo obrábět několik identických tvarů z jednoho kusu.

Podprogramy mohou být skládány, tedy jeden podprogram může volat jiný podprogram. Vzhledem k tomu, že není umožněno podmíněné větvení programu, není myslitelné, aby podprogramy volaly rekurzivně samy sebe.

10.8.8. Návrat z podprogramu - M99

Pro ukončení podprogramu a návrat k místu volání použijte příkaz M99. Provádění kódu bude pokračovat na řádce hned za řádkou M98, kde byl podprogram volán.

Pokud je příkaz M99 zadán v hlavním programu (tedy ne v podprogramu), pak dojde k vykonávání programu od první řádky. Podívejte se rovněž na M47, jehož použití má stejný efekt.

10.9. M-kódy maker

10.9.1. Přehled o makrech

Pokud je v kódu použit nějaký M-kód, který není uveden v tabulce 10.7 jako přímo podporovaný, bude se Mach3 snažit nalézt v adresáři *Macros* soubor s názvem "Mxx.M1S" (kde xx představuje číslo kódu). Pokud je soubor nalezen, pak se spustí program ve VBScriptu, který je k souboru přiřazen.

V položce *Operator->Macros* lze zobrazit dialog, kde je zobrazen seznam všech nainstalovaných maker. Dialog rovněž obsahuje další ovládací prvky pro případné úpravy jako *Load*, *Edit*, *Save* nebo *Save as*. Součástí dialogu je i tlačítko *Help*, kterým lze zobrazit nápovědu k funkcím VB, které lze použít pro řízení Machu3. Například se můžete dotazovat na aktuální polohu os, pohybovat osami, zjišťovat stav vstupních signálů a ovládat signály výstupní.

Nová makra lze napsat v externím editoru např. Notepad a uložit je následně do adresáře *Macros*. Další možností je nahrát existující makro přímo v Machu3, zcela ho přepsat a uložit pod jiným názvem.

10.10. Další kódy

10.10.1. Nastavení velikosti posuvu - F

Pro nastavení požadované hodnoty posuvu zadejte F~

V závislosti na nastavení typu jednotek posuvu (viz. G93, G94 a G95) může být posuv zadáván v jednotkách za minutu, jednotkách za otáčku vřetena nebo 1/min v režimu INVERSE TIME.

Délkové jednotky jsou definovány příkazy G20/G21.

Podle nastavení konfigurace jsou pro určení otáček vřetena použity buď pulzy ze vstupu Index nebo hodnota zadaná slovem S případně zadaná do *Spindle Speed DRO*.

Rychlost posuvu lze v případě zapnutého přepínače Feed Override upravovat dle potřeby % hodnotou override viz. M48 a M49.

10.10.2. Nastavení otáček vřetena - S

Pro nastavení rychlosti otáčení vřetena v ot./min (rpm) zadejte S~. Vřeteno se takto nastavenými otáčkami začne otáčet, jakmile je spuštěno (M3 nebo M4). Upravovat rychlost lze při zapnutém i vypnutém vřetenu. Pokud je zapnut přepínač Speed Override a rychlost není nastavena na 100%, pak nemusí otáčky vřetena odpovídat programovým. Rovněž lze zadat rychlost S0, pak se vřeteno nebude točit, i když je zapnuto. Chybou je, pokud

- ♦ parametr S je záporný

Pokud je aktivní pevný cyklus G84 (řezání závitu) a jsou zapnuty přepínače Speed A Feed Override, pro synchronizaci otáček a posuvu se použije ta hodnota, která je nastavena na nižší úroveň (%). V tomto případě se skutečné otáčky vřetena mohou lišit od programovaných, i když je pro otáčky vřetena nastavena hodnota override 100%.

10.10.3. Volba nástroje - T

Pro volbu nástroje zadejte T~, kde T reprezentuje pozici nástroje v zásobníku výměny nástrojů (možno i pro číslo regálu v případě ruční výměny nástroje).

I v případě, pokud máte instalovanou automatickou výměnu nástrojů, nedojde k výměně nástroje pouhým zadáním slova T. Musí být navíc zadáno M6. Slovo T pouze specifikuje, který nástroj se bude používat.

Příkaz M6 (v závislosti na konfiguraci) buď aktivuje automatickou výměnu nástroje nebo pozastaví vykonávání programu, aby mohl operátor výměnu nástroje provést ručně. Podrobnější postup zpracování příkazu M6 lze zjistit přímo v kódu maker M6Start a M6End. Pokud požadujete nějaké zvláštní operace během výměny, budete muset uvedená makra patřičně upravit.

Slovo T samo o sobě nezadáva žádné offsety nástroje. Je nutné použít příkazy G43 nebo G44, v nichž parametrem H~ specifikujete, který záznam z tabulky nástrojů se má pro patřičné offsety použít. Berte na vědomí, že prostým použitím slova T v kódu se zásadně liší od zadání čísla nástroje z klávesnice do T DRO na obrazovce Machu3, kde se jednak specifikuje číslo zásobníku, ale rovněž se vykoná i příkaz G43 s příslušným indexem, čímž se aktivují i offsety nástroje.

I když to není běžné, slova T se mohou objevit na dvou či více řádcích, aniž by byla programována výměna nástroje. Rovněž lze zadat T0. Pak není vybrán žádný nástroj. To je užitečné např. v případě, že chceme mít po dokončení obrábění prázdné vřeteno. Je chybou, pokud

- ♦ číslo T je záporné nebo větší než 255

10.11. Vyhodnocování chyb

Tento odstavec pojednává o vyhodnocování chyb v Machu3.

Pokud zadaný příkaz nefunguje tak, jak se očekává, nebo nedělá vůbec nic, zkontrolujte pečlivě, zda-li jste ho zadali správně. Běžné jsou chyby GO místo G0 (t.j. písmeno O místo nuly) nebo příliš mnoho desetinných míst v číslech. Mach3 rovněž nekontroluje, zda-li při polohování nezajíždí mimo fyzické rozsahy os (pokud ovšem nejsou zapnuté softwarové limity) nebo nejsou-li zadávány příliš vysoké hodnoty posuvů či otáček. Rovněž není schopen detekovat situace, kdy běžné příkazy mohou dělat něco "neblahého", jako například frézování upínek apod.

10.12. Pořadí vykonávaných příkazů

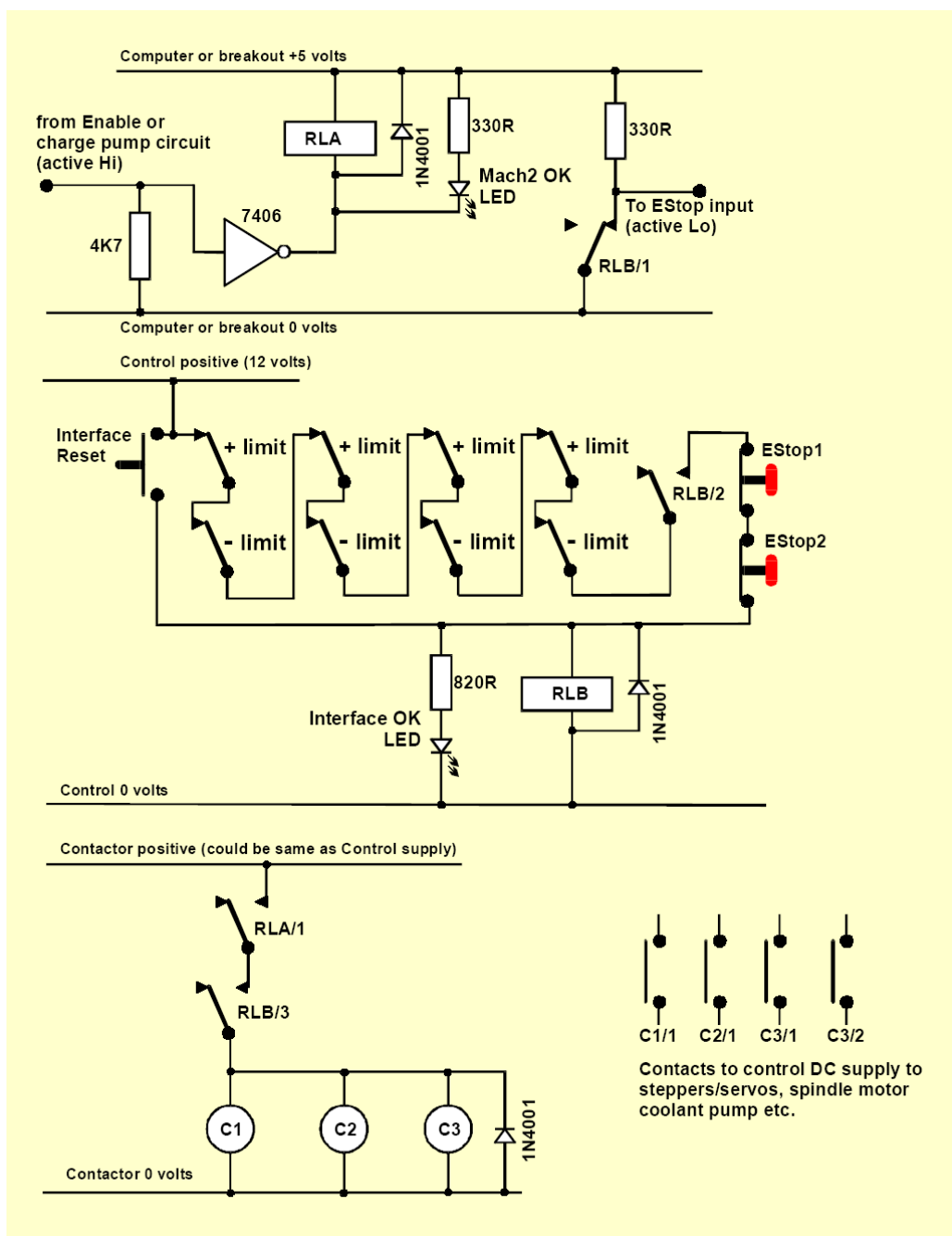
Pořadí vykonávání jednotlivých příkazů na jedné řádce je kritickým faktorem pro bezpečné a efektivní obrábění. Jednotlivé příkazy na jedné řádce jsou vykonávány v pořadí, které je uvedeno v tabulce 10.9.

Pořadí	Příkazy
1	Komentáře včetně zpráv
2	Nastavení režimu zadávání posuvu (G93, G94, G95)
3	Nastavení velikosti posuvu (F)
4	Nastavení otáček vřetena (S)
5	Volba nástroje (T)
6	Výměna nástroje (M6) a kódy maker
7	Zapnutí/vypnutí vřetena (M3, M4, M5)
8	Zapnutí/vypnutí chlazení (M7, M8, M9)
9	Zapnutí/vypnutí override (M48, M49)
10	Prodleva (G4)
11	Nastavení pracovní roviny (G17, G18, G19)
12	Nastavení délkových jednotek (G20, G21)
13	Zapnutí/vypnutí kompenzace poloměru nástroje (G40, G41, G42)
14	Zapnutí/vypnutí offsetů nástrojů (G43, G49)
15	Výběr pracovního souřadného systému (G54 - G58 & G59 P~)
16	Režim řízení trajektorie (G61, G61.1, G64)
17	Režim odměřování (G90, G91)
18	Návratová úroveň pevných cyklů (G98, G99)
19	Změna offsetů souřadného systému (G10) nebo nastavení offsetů (G92, G94)
20	Polohování (G0 až G3, G12, G13, G80 až G89)
21	Zastavení nebo opakování (M0, M1, M2, M30, M47, M99)

Tabulka 10.9 – Pořadí vykonávání příkazů na jedné řádce

11. Příloha A – ukázkové příklady zapojení

11.1. Okruh EStop a koncových spínačů s použitím relé



Poznámky:

- 1) Uvedené zapojení pouze ilustruje jedno z možných řešení externě připojených koncových snímačů. Pokud Vaše aplikace vyžaduje referenční snímače, pak ty by měly být odděleně připojeny na vstupy Machu3.
- 2) Kontakty zobrazených relé jsou kresleny v nesepnutém stavu relé. Koncové snímače jsou kresleny ve stavu, kdy nic nedetekují a tlačítka ve stavu, kdy nejsou stisknuta.

- 3) Za stálého držení tlačítka *Interface Reset* je možné stisknout tlačítko Machu3 Reset a ručně polohovat osy od koncových snímačů. Pak lze tlačítko *Interface Reset* uvolnit.
- 4) Relé A vyžaduje jeden kontakt NO (Normally Open). Musí mít vinutí na 5 voltů, které má minimálně odpor 150Ω (tzn. nepotřebuje pro správnou funkci více jak 33 mA). Např. relé Omron G6H-2100-5 je vhodné s kontakty dimenzovanými na 1A, 30 VDC.
- 5) Relé B vyžaduje jeden kontakt NC (Normally Closed) a dva kontakty NO (Normally Open). Může mít vinutí pro každé běžné napětí vhodné pro Váš zdroj. Společná zem by ideálně neměla být 0 volty počítače, aby se zamezilo indukovanému rušení v dlouhé kabeláži koncových snímačů či tlačítka EStop. Relé Omron MY4 series je vhodné se svými čtyřmi kontakty dimenzovanými na 5A/220 VAC.
- 6) Svítící LED-ka není nezbytná, ale užitečná pro indikaci stavu. Proud omezující odpor pro napájení LED-ky OK by měl být pro napětí 24 voltů cca. 1K8.
- 7) Pokud je napětí vinutí „stykačů“ vhodné, pak je možné k napájení použít společnou zem a kladné napětí „Control“.
- 8) Zapojení „stykačů“ (vinutí znázorněna jako C1, C2 a C3) je závislé na driverech a na typu kabeláže motorů ve stroji. Měli by jste zajistit, aby spínání stejnosměrného napájení krokových motorů a/nebo servomotorů bylo umístěna až za vyhlazovacími kondenzátory pro zajištění okamžitého zastavení. Rovněž můžete „předrátovat“ připojení motorů včetně a chlazení tak, aby ovládací stykač nevyhodil podpěťovou ochranu tzn. chcete spínat odíče motorů za hlavním spínačem stroje. Nespojujte na kontaktech takových stykačů hlavní AC napětí a DC napájení krokových motorů/servomotorů, neboť tím výrazně zvyšujete riziko zkratu těchto zdrojů napětí. **Pokud si nejste jistí, vyhledejte odbornou pomoc, obzvláště pokud pracujete s třífázovými obvodů na 230/415 Voltech.**
- 9) Omezovací diody mezi relé či stykači jsou nutné pro absorbování zpětného napětí na prázdko, když dojde k vypnutí proudu ve vinutích. Je možné, že Vámi používané stykače již mají zabudovaný nějaký vhodný omezovací obvod v sobě.

12. Příloha B - popis nastavení parametrů pro režim CV

Mnoho uživatelů Machu3 má nejasnosti ohledně nastavení režimu Constant Velocity (dále jen CV) a jak tato nastavení ovlivňují pohyby stroje. Možná, že bych mohl vnést do této záležitosti trochu světla.

General Logic Configuration (Config -> General Config...)

♦ Polohovací režim (Constant Velocity nebo Exact Stop)

Constant Velocity "CV" - v tomto režimu se Mach3 snaží dodržet konstantní rychlost během všech pohybů do úhlu či po oblouku uzpůsobováním parametrů zrychlení. To není v případě některých pohybů možné, jako např. pohyb jediné osy, která náhle změní směr svého pohybu tzn. pohyb se musí v jednom bodě zastavit). V pohybech, kde lze konstantní rychlost dodržet dochází k jistému zaoblení rohů v závislosti na tom, jak vysoko je nastavena hodnota max. zrychlení jednotlivých os v kombinaci s parametrem *CV Distance Tolerance* (viz. níže). Vyšší hodnoty přípustných zrychlení a nižší hodnoty *CV Distance Tolerance* vedou k přesnějším rohům a snižují následné chyby. Berte v potaz, že se nejedná o polohové chyby servořízení a nemá nic společného s řízením PID. Velikosti polohových chyb servomotorů budou mírně horší než ty, které produkuje režim CV v závislosti na tom, jak "přesná" je smyčka řízení servomotoru. Krokové motory se budou odchylvat asi tak \pm jeden celý krok a dojde ke ztrátě kroku, pokud se příliš mnoho zatíží.

Režim Exact Stop - v tomto režimu dochází k rozjíždění a zastavování pro každý "bod" g-kódu. Mach3 bere pouze v potaz aktuální pohyb, což ve finále vede k tomu, že stroj běží v tomto režimu trochu tvrdě a velmi pomalu. Tento režim by se měl v podstatě používat pouze tehdy, pokud je požadavek na přesně obrobené rohy (vnitřní i vnější). Avšak berte na vědomí, že většina CAM softwarů rozloží oblouky na mnoho jednotlivých G01 pohybů, které v režimu Exact Stop zanechají velmi špatný povrch a jsou náročné na kvalitu nástrojů.

♦ General Configuration (LookAhead ... Lines)

Toto nastavení je směrodatné pouze pro režim CV. Specifikuje, jak dalece se má plánovač polohování Machu3 dívat dopředu v zadaném part-programu. Zadání malého čísla je podobné, jako by řídil auto někdo krátkozraký. Na druhé straně vysoká hodnota je, jako by člověk s výborným zrakem používal brýle. Tato hodnota umožňuje programu lépe se přizpůsobit k náhlým změnám trajektorie. Doporučuje se držet tuto hodnotu pro většinu případů kolem čísla 200. Maximální hodnota je 1000 a nastavením takové hodnoty si můžete přivodit problémy, pokud nemáte dostatečně rychlý počítač.

♦ CV Control (Plasma Mode, CV Dist Tolerance ... Units, G100 Adaptive NurbsCV, Stop CV on Angeles>

Plasma Mode - režim Plasma provádí *anti dive stuff* a rovněž se snaží nezaoblovat za určitých okolností rohy. Pro většinu dílů není toto nastavení potřebné, pokud zrovna nepoužíváte velmi malou akceleraci a malé rozlišení kroků.

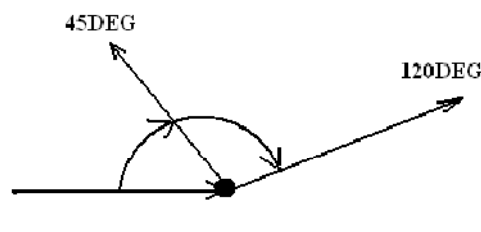
CV Dist Tolerance - tato hodnota ovlivňuje velikost zaoblení v rozích. Zadáním velmi vysoké hodnoty umožníte stroji "jet" jak nejrychleji to jde. Zadáním hodnoty nízké vede ke zmenšování efektu zaoblování, neboť se stroj snaží maximálně dodržet programovanou trajektorii, ovšem na úkor rychlosti. V podstatě tato hodnota udává vzdálenost od konce čáry, po které se právě jede, kde je možné začít zaoblovat roh. Jinými slovy se jedná o průsečík CV oblouku a programovaného konce pohybu (který by byl dodržen v režimu Exact Stop).

G100 Adaptive NurbsCV - tato hodnota je pozůstatkem ze starších verzí a bude nutné ji odstranit ... byla zde kvůli G100 a je již zastaralá.

Stop CV on angles > - toto nastavení je skutečně nádherné, neboť automaticky přepíná stroj z režimu CV do režimu Exact Stop v závislosti na úhlů odchýlení mezi současným a následujícím pohybem. Nastavením na 90° je obvykle dobrým kompromisem, protože většina G-kódu, který má 90° (a menší) vzájemné úhly mezi entitami, je obvykle jasným ukazatelem, kde chce uživatel krásné ostré rohy. Avšak, některé CAM softwary mohou produkovat opravdu špatné kódy, které nahrazují oblouky či šikmé čáry gigantickou řadou malých 90° schůdků jako např.

```
G01 X0 Y0
X0.01
Y0.01
X0.02
Y0.02
```

Tento kód poběží příšerně s jakýmkoliv nastavením 90° či více. Někdy lze velmi těžko říci, jestli má právě Váš kód takového problémy pouhým schlédnutím displeje náhledu. Tato záležitost pořádně potrápila mé mozkové závity, takže pokud nic z toho, co zkusíte, nezabere a Váš stroj nebude "létat ladně" kolem křivek, chtě nechtě se budete muset pořádně podívat na Váš kód. Také bude asi nutné si pořádně zvětšit v náhledu programovanou trajektorii a zjistit, jestli se nejedná o výše uvedený typ problému.



♦ Shuttle Wheel Setting (Shuttle Accel. ... Seconds)

Definuje, kolik času může trvat pohyb pro kompenzaci vůle (backlash). Pro servosystémy se dá nastavit velmi malá hodnota (0.00001). To zabráňuje pohybům pro kompenzaci vůle narušit hladkost pohybu, protože se pulzy kroků posílají jak nejrychleji to jde (až na limitu kernelové rychlosti). Pro systémy s krokovými motory by hodnota měla být větší, aby se zabránilo ztrátě kroku. Rovněž jsem zjistil, že je užitečné, když se velikost vůle nastaví na obrovsky vypadající číslo (10 mm), protože pak je vidět, jak různé nastavení ovlivní chod stroje.

Hodnota vůle (Config -> Backlash)

Velikost vůle v jednotkách – představuje velikost vůlí/podajnosti/ztráty pohybu na Vašich osách. Pro stroje bez třecích prvků (s lineárními ložisky apod.) může pohyb osy sklouzávat zpět o libovolnou velikost vůle (během akcelerace, velkých řezných sil, vibrací). Skutečně nejlepší je konstrukčně se zbavit co nejvíce míst, kde dochází ke zvětšování této hodnoty, a pak teprve přistoupit k použití softwarové kompenzace těchto vůlí. Pro stroje s třecími prvky (různá vedení či rybiny) nebo pomalé stroje, tam již ani toto nepomůže.

Backlash Speed % of Max – tato hodnota je potřebná, protože kompenzace vůlí by se správně neměla vázat na parametr zrychlení. V systémech s krokovými motory by hodnota 100% způsobila určitě ztrátu kroku, zatímco pro servosystémy je 100% bezproblémová.

Hlavní obrazovka (Settings Alt6)

CV Distance – viz. výše

CV Feedrate – skuteční CV pohyb, ale posuvem, který požadujete. Například pokud nastavíte CV posuv na 50 mm/min a Váš pohyb v G-kódu bude programován pouze na 20, tak rychlost druhé osy bude akcelarovat na 20 ve stejném okamžiku, kdy první osa zpomaluje na 20, čehož výsledkem bude to, že CV pohyb bude mít skok rychlosti na svém konci. To je problém z toho hlediska, že při větších rychlostech ucítíte masivní ráz ve stroji.

Mělo by být jasné, že nastavení CV může mít drastický vliv na výkon stroje. Pokud jste začátečním, je nejlepší zapnout CV, ale vypnout všechna ostatní nastavení do té doby, dokud nebudete jako doma v problematice, co vše se vzájemně ovlivňuje. Servosystémy si nechají poměrně hodně líbit, co se týká nastavení CV, a netrpí ztrátou polohy, ať se děje co se děje. Krokáče však mohou ztratit kroky mrknutím oka, pokud není nastavení to přesně správné. Takže pro uživatele krokových motorů, zachovejte si k této záležitosti opatrný přístup, jak jen to jde, a uvědomte si, že pokud budete příliš tlačit na pilu, neztratíte jen nějaké kroky, ale i pár vlasů!

David Bloomfield
ed. Brian Barker
www.arcaneinnovations.com