

# CNC

**CNC stroj není CNC strojař.** Myslet za tebe nebude.

Co nedělat:

- Neodpojovat motory když je k jednotce připojený napájení
- Nezapínat řídící jednotku když nejsou připojený motory
- Pokud arduino neblika po pripojeni k USB, tak nepripojuj napajeni motoru. Je tam asi zkrat.
- Nepřipojovat napájení motorů, pokud arduino nemá 5V z USB.
- Netočit manuálně s motorem moc rychle (generuje napětí?)
- Nešahat na žádný kontakty na arduinu
- Nenajizdet do kraju, zatím nejsou nainstalovany koncovy spinace
- Nenamoč drevotriskovy desky na CNC
- Nezapomeň vynulovat souřadnice před posláním G-kódu do stroje
- Neposílej do stroje G-kód, kterej sis předtím pořádně neprohlídnul/nevyzkoušel ve vzduchu (rozměry, rychlosti, atd...)
- Neutahuj při upínání šrouby do insertů moc hluboko nebo velkou silou. Neutahuj je ani proti šikmejm plochám!
- Nenastavuj nic na VFD invertoru vretena!! Da se tak spalit invertor i s motorem.
- Neutahuj klestitu vretene moc velkou silou (cim delsi klic tim snazsi je to prehnat). Vretno pak ztrati presnost a je po srande.
- Klestitu vzdyicky nejdriv zacvakni do matky, nez do ni das frezu, nebo nez ji zacnes sroubovat do vretene.
- Nenapínej řemeny silou. Šroub napínáku je velkej převod, takže bez námahy řemen přetrhne.
- Frezy skladuj tak, aby se nemohly otresama mlatit o sebe (treba v jedny krabici nebo v pytli). Jsou krehky a vzajemne se ostipou a ztupi.



## Programy pro obsluhu CNC

- **Moje soucasny workflow**

- **2D:** LibreCAD → export do formátu DXF → bCNC → UGS-platform
- **3D:** OpenSCAD → export do formátu STL → Kiri:Moto → UGS-platform
- **PCB:** gEDA/PCB (ma export primo do g-code) → UGS-platform
- **PCB:** KiCAD/pcbnew → export do gerberu (soubor→kreslit) → FlatCAM → bCNC (s autolevelingem)
- **V-Carving:** F-Engrave (+pypy) → UGS-platform

- **Ovládání CNC**

- Universal G-Code Sender [https://winder.github.io/ugs\\_website/](https://winder.github.io/ugs_website/) (doporučuju verzi ugs-platform)
- bCNC <https://github.com/vlachoudis/bCNC> (Švýcarský nůž pro CNC, má autoleveling, probing, umí i generovat G-Kód z DXF výkresů, CAM funkcionality, generování overcutů, umí upravovat a dlaždicovat g-kod, generovat krabice, ozubený kola a další tvary, trochu

nepřehledný pro začátečníky)

- ChiliPeppr <http://chilipeppr.com/grbl> (běží z prohlížeče přes json→serial server nainstalované na localhost. Potřebuje WebGL.)

- **2D CAM (Generování g-kódu)**

- Potřebujete vykres v **DXF** nebo v horsim pripade **SVG**
- bCNC (viz. vyse)
- <http://jscut.org/jscut.html> (alternativa makercamu, 3D simulace nefunguje bez WebGL, umí navíc v-bit gravírování! aby umí generovat jen po přípravě v SVG)
- <http://www.makercam.com/> <http://partkart.com/> (zakladni generovani z SVG krivek)
- <https://laserweb.github.io/LaserWeb4/dist/> (nastupce jsCutu, bohuzel jsem do nej zatim nepronikl. nefunguje bez WebGL. settings→application→cnc mode)

- **3D CAM (Generování 3D g-kodu)**

- Potřebujete **STL** model z **OpenSCADu**, nebo FreeCADu <http://www.openscad.org/> <https://www.freecadweb.org/>
- <https://grid.space/> (3D CAM v browseru, je to zaroven slicer pro 3d tisk a laserovy rezani)
- <https://partmill.com/> (3D CAM v browseru, beta verze toho umí tak malo, ze je temer nepouzitelná, treba se casem zlepsi)
- <http://pycam.sourceforge.net/>
- <https://github.com/vilemnovak/blendercam> <http://blendercam.blogspot.cz/>
- <https://www.freecadweb.org/> FreeCAD Path Workbench
- <https://sites.google.com/site/heekscad/> (neni uplne zadarmo, ale vypada docela sikovne)

- **V-carve**

- F-Engrave <http://www.scorchworks.com/Fengrave/fengrave.html>
- jscut (viz. vyse)

- **PCB do g-kodu**

- gEDA/PCB (ma export primo do g-code)
- <http://flatcam.org/>
- <http://copper.carbide3d.com/> <http://carbide3d.com/apps/pcb/>
- <https://github.com/Traumflug/Visolate> vtipne zjednodusuje pcb pomocí voronoi

- **Webovky s jednoúčelovejma generátora má G-kódu**

- <http://www.thuijzer.nl/image2gcode/> (zpracování vejskovy mapy do 3D g-kodu. přidat příkaz na feedrate, napr.: F1000)
- [https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Interactive\\_G-Code\\_Generators](https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Interactive_G-Code_Generators) (ruzny jednoucelový generatory)
- <http://www.intuwiz.com/engraving-rectangle-grid.html> (generator mrizky)
- <https://sct-usa.com/thread-mill-code-generator/> (generator zavitu)

- **Optimalizace g-kodu** (neni potreba, ale mam pocit ze to není uplne blbej napad vzhledem k tomu co obcas leze z CAMu...)

- Neosvedcilo se na 3D, je potreba kod po optimalizaci zkontolovat!
- bCNC (viz. vyse)
- <https://github.com/alsliahona/gcode-optimizer>
- <https://github.com/runeSal/OPTI-G>

- **Simulatory G-kodu**

- [http://www.cncwebtools.com/Apps/GCode\\_Simulator/index.html](http://www.cncwebtools.com/Apps/GCode_Simulator/index.html) (potrebuje WebGL, me chodi jen ve Firefoxu)
- <http://camotics.org> (Dříve OpenSCAM)
- FreeCAD (viz. vyse)

- **3D scan**

- Pomocí sondy
  - bCNC

- Rekonstrukce z fotek [Photogrammetry 3D scanning on Linux](#)

### • Vykresy ke stazeni

- <https://grabcad.com/library>
- <http://www.thingiverse.com/>
- <http://www.makercase.com/> (generátor krabic)
- <http://terrain.party/> (topograficky mapy cely planety ke stazeni)

### • Ostatní

- <http://www.flatfab.com/> Software na generování 3D koster z desek

## Nástroje

- **Fréza** = ostrý nástroj, **Frézka** = obráběcí stroj do kterého se fréza upíná

- Odkazy

- <https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Endmills>
- <http://makezine.com/2015/12/03/6-essential-end-mills-for-your-cnc-machine/>

- Nejběžnější frézy

- Podle materiálu
  - **carbide**, karbid wolframu, slinutý karbid, tungsten carbide, widium (Momentálně nejoblíbenější. Je extrémně tvrdý, vydrží dýl ostrý, není potřeba moc chladit, ale je křehký.) Dělají se z něj špičky vrtáků do zdi (aka "widiáky").
  - **HSS**, high speed steel, vysokorychlostní ocel. Nejvíce obvyč materiál, měkký než karbid, snáž se tupí a přehřívá (=pozor na otáčky), ale hůř se láme. Je levnější a na měkké materiály stačí. Dělají se z něj obvyč černý vrtáky na ocel.
- Podle průměru dříku
  - **1/8" = 3.175mm** = Jediný druh co lze dát do Dremelu. Do vřetena máme taky 1/8" kleštinu.
    - Délka ostří 22mm nejlevnější, 32mm, 42mm, 52mm předražený
  - **1/4"** i tuhle kleštinu máme, zatím ale s takhle velkemá frézama nemám moc zkušenosti
- Podle tvaru
  - **end mill**, flat (česky **čelní fréza**) (běžné řezání, frézování, drážkování, vrtání)
  - **Ball head end mill** (endmill s hezčím finišem na 3D věci, muže rychleji odebírat materiál, nema namahanej roh)
  - **Tapered Ball Nose** (jako normalni ball nose, ale ke spicce se zuzuje, takže se s nim daj delat drobnejsi detaily, ale zaroven je pevnejsi)
  - **Rounded/radiused head/bull nose end mill** (zaoblený endmill, nemá namáhanou hranu, takže víc vydrží)
  - **V-Bit** různé úhly a velikosti, 30°, 60°, 90° (gravírování, výroba plošáků, srazeni hran, drážkovani desek k ohybu)
  - **Half straight** (plasty, pěna, dibond, preklizka,...)
- Podle počtu ostří
  - Dual flute (dřevo)
  - Single flute (plasty, hliník?)
  - 3-flute (jako 2-flute, ale tuzsi s mirne lepsim finisem, pokud nevadi vetsi pocet zubu za minutu)
  - 4-flute (hezci finis)
- Podle spirály
  - **Upcut** (spirála jako vrták, lépe odklídí třísky, ale škube okraje)
  - **Straight** (hůř odklídí třísky, ale dělá hezčí hrany)
  - **Downcut** (opak upcutu, naopak ještě tlačí třísky zpátky do řezu, jen pro speciální

situace, při vrtání snadno zapálí dřevo)

- **Compression** (kombinace upcut/downcut, speciální)
  - Podle coatingu

## Materiály

- Plasty
  - Lepší
    - Acetal, Delrin, POM
    - HDPE
    - PVC
  - Horší
    - ABS
- Kompozity
  - Dibond (hliník na plastu)

## Parametry pro materiály

- [http://carbide3d.com/files/Nomad883\\_feeds\\_125.jpg](http://carbide3d.com/files/Nomad883_feeds_125.jpg)
- [https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Materials#Nomad\\_883](https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Materials#Nomad_883)

Co jsem používal

Material	Freza	Hloubka řezu	Stepover	Posuv XY /min (feed)	Posuv Z /min (plunge)	Vřeteno	RPM	Pozn.
Dřevotříška	3.175mm, 2 břity	1mm		1000mm	500mm	Dremel 3000	Max	
Překližka	3.175mm, 1 břít	1mm		700mm	300mm	Dremel 3000	Max	místama to skákal
Hliník	3.175mm, 1 břít	0.1mm		150mm	30mm	Dremel 3000	Max	
Hliník	3.175mm, 1 břít	0.5mm		240mm	124mm	lidl	10k??	Salam23
Dibond	3.175mm, 1 břít	1mm		250mm (400mm?)	250mm	lidl	20k??	Salam23
Dibond	3.175mm, 1 břít "half straight" na plast	1mm		250mm (400mm?)	100mm?	China 1.5kW VFD	17k	rychle projit hliníkem (= ne zdlouhavěj helix), taby ~3mm
Hliník	3.175mm, 1 břít	0.25mm		300mm	70mm	China 1.5kW VFD	10k	1mm2 taby, helical, gandalf podložky
Překližka	3.175mm, 2 břity straight	1mm		1500mm	600mm	China 1.5kW VFD	6000	climb zpusobuje deflekci! velký otáčky taky.

Material	Freza	Hloubka řezu	Stepover	Posuv XY /min (feed)	Posuv Z /min (plunge)	Vřeteno	RPM	Pozn.
Překližka	3.175mm, 1 břít half straight	1mm		1500mm	600mm	China 1.5kW VFD	12000	lepší než s dvoubřitkou, ale možná bych ještě snížil otáčky...
HDPE	3.175mm, 1 břít straight	1mm		2000mm	500mm	China 1.5kW VFD	7200	
gutta hobbycolor 3mm pěnová PVC deska	3.175mm, 1 břít	1.5mm		4000mm	2000mm	China 1.5kW VFD	7200	
Plexisklo PMMA (acrylic)	3.175mm, 1 břít	0.5mm		1000mm	250mm	China 1.5kW VFD	9000	pomaha mazat (staci WD40), obcas skakalo
Recyklát / Traplast	3.175mm, 1 břít	1mm		4000mm	2000mm	China 1.5kW VFD	7200	Problémy s backlashem při CCW?? Half straight jsem zlomil kvuli nevyklizenejm triskam v hloubce. Chce to upcut nebo polovicni feedrate?
PCB	0.8mm, 2 břity	0.6mm		400mm	400mm	China 1.5kW VFD	24000	
Dřevo (práh)	0.8mm, 2 břity	0.5mm	0.4	400mm	400mm	China 1.5kW VFD	24000	
Smrk	30mm planer, 2 břity	3mm	50%	1000mm	0	China 1.5kW VFD	7200	
Smrk	30mm planer, 2 břity	5mm	100%	1000mm	0	China 1.5kW VFD	24000	Už je trochu děsivý u toho stát, jestli něco odletí, tak tě to nejspíš zastřelí

## Gravírování PCB

- 0.2mm 30° (nebo ostřejší) v-bit, 10-24 kRPM?, 400mm/min?
- Cuprexit prilepenej oboustrankou = nejsou potreba taby!
- FlatCAM
  - nastavit vetsi bit nez je na nem napsany (0.3-0.4mm, asi by bylo dobrý si riznout caru a zmerit to pod mikroskopem, bohuzel je tu jeste backlash...)
  - vic passu (do strany, ne do hloubky) treba 3? muzes i vic. spis s velkym prekryvem

- (50-60%)
  - hloubka rezu se osvedcila 0.01mm (ale asi zalezí na tloustce medi)
    - 0mm bylo malo a 0.1mm bylo HOODNE MOC (=je to pak nepouzitelne otrhaný)
    - rozhodne delat korekci v setinach nebo tisicinach, nikdy ne po desetinach!
    - Mozna by davalо smysl nastavit v CAMu hloubku rezu 0 a posunout si origin o cca 0.01mm dolu az v senderu, protoze to stejne pak doladuju na miste...
- bCNC
  - Autolevel! Bez toho to asi ani nema cenu zkouset. Sit merenejch bodu s rozestupem 1cm nebo min. Probe feed cca 70mm/min.
  - Z0 jsem stanovoval taky pomocí kontaktního sondování primo frezou (potom jsem ho posunul niz o pozadovanou hloubku rezu)
- Odsávat vysavačem a štětečkem
- Při návrhu desky použít co nejširší možný trasy/pady. s výsledkem jsem byl spokojenej, SO8 smd pouzdra se daji s prehledem osazovat.

## Fyzicke vlastnosti stroje

- Rozmery pracovního kvadru
  - X 830 mm
  - Y 1340 mm
  - Z 95 mm
- Rohy
  - X0 Y0 Z0
  - X800 Y1300 Z90
- Možné upgrady
  - 15W Laser  
<https://www.aliexpress.com/item/15W-Laser-Module-High-Power-15000mw-Blue-Color-Laser-Head-DIY-Metal-Engraving-450nm-Lasers-DIY/32807747581.html>
  - 10w Laser  
<https://www.aliexpress.com/item/Freeshipping-10-watts-10-000-MW-of-high-power-laser-e-ngraving-laser-module-450nm-blue-laser/32797447168.html>

## Prislusenstvi

- klic 17 - na matku vretena er11-a
- klic 13 - na osicku vretena er11
- klic 10 - na matku klestiny na dremlu

## Ridici firmware

- GRBL (pouzívame, 3osy, freza, laser)
- TinyG (6 os)
- Smoothieboard (6 os, umí i nekartezské roboty, kromě CNC a laseru i 3d tisk, vyzaduje 32b mikroprocesor)
- GNEA (budoucí port GRBL na silnějsí mikroprocesor)

# Microstepping

## A4988 (8-35V, 1A bez chlazeni, 2A s chlazenim)

<b>MS1</b>	<b>MS2</b>	<b>MS3</b>	<b>Microstep Resolution</b>
Low	Low	Low	<b>Full step</b>
High	Low	Low	<b>Half step</b>
Low	High	Low	<b>Quarter step</b>
High	High	Low	<b>Eighth step</b>
High	High	High	<b>Sixteenth step</b>

## DRV8825 (8.2-45V, 1.5A bez chlazeni, 2.2A s chlazenim)

<b>MODE0</b>	<b>MODE1</b>	<b>MODE2</b>	<b>Microstep Resolution</b>
Low	Low	Low	<b>Full step</b>
High	Low	Low	<b>Half step</b>
Low	High	Low	<b>1/4 step</b>
High	High	Low	<b>1/8 step</b>
Low	Low	High	<b>1/16 step</b>
High	Low	High	<b>1/32 step</b>
Low	High	High	<b>1/32 step</b>
High	High	High	<b>1/32 step</b>

## Soucasne nastaveni ridici jednotky:

Microstepping:

XY 1/4 Z 1/2

config.h

```
#define USE_SPINDLE_DIR_AS_ENABLE_PIN
```

grbl v1.1f

```
$0 = 10      (Step pulse time, microseconds)
$1 = 25      (Step idle delay, milliseconds)
$2 = 0       (Step pulse invert, mask)
$3 = 0       (Step direction invert, mask)
$4 = 0       (Invert step enable pin, boolean)
$5 = 0       (Invert limit pins, boolean)
$6 = 0       (Invert probe pin, boolean)
$10 = 1      (Status report options, mask)
$11 = 0.010   (Junction deviation, millimeters)
$12 = 0.002   (Arc tolerance, millimeters)
$13 = 0      (Report in inches, boolean)
$20 = 0      (Soft limits enable, boolean)
```

```
$21 = 0      (Hard limits enable, boolean)
$22 = 0      (Homing cycle enable, boolean)
$23 = 0      (Homing direction invert, mask)
$24 = 25.000  (Homing locate feed rate, mm/min)
$25 = 500.000 (Homing search seek rate, mm/min)
$26 = 250    (Homing switch debounce delay, milliseconds)
$27 = 1.000   (Homing switch pull-off distance, millimeters)
$30 = 24000   (Maximum spindle speed, RPM)
$31 = 0      (Minimum spindle speed, RPM)
$32 = 0      (Laser-mode enable, boolean)
$100 = 40.000 (X-axis travel resolution, step/mm)
$101 = 39.968 (Y-axis travel resolution, step/mm)
$102 = 400.000 (Z-axis travel resolution, step/mm)
$110 = 4000.000 (X-axis maximum rate, mm/min)
$111 = 4000.000 (Y-axis maximum rate, mm/min)
$112 = 400.000 (Z-axis maximum rate, mm/min)
$120 = 200.000 (X-axis acceleration, mm/sec^2)
$121 = 200.000 (Y-axis acceleration, mm/sec^2)
$122 = 100.000 (Z-axis acceleration, mm/sec^2)
$130 = 200.000 (X-axis maximum travel, millimeters)
$131 = 200.000 (Y-axis maximum travel, millimeters)
$132 = 200.000 (Z-axis maximum travel, millimeters)
```

## Kalibracni trojclenka

novy\_pocet\_kroku\_na\_mm = soucasny\_pocet\_kroku\_na\_mm \* ocekavana\_vzdalenost/ujeta\_vzdalenost

## Nastaveni invertoru Huanyang 1.5kW



- V tomhle se fakt radsi nehrabte, nebo to cely shori.

- Vřeteno
  - Zhong Hua Jiang
  - 1.5kW 220V 8A 400Hz
  - prumer 65\*205
  - SN: 200730184245.5
- Kabel JZ-HF-CY 4G1
- Konektor GX20-4
- [huanyang\\_vfd\\_inverter\\_manual.pdf](#)
- <http://www.cnczone.ru/forums/index.php?act=attach&type=post&id=7154>
- <http://www.jinlantrade.com/ebay/invertermanual.pdf>
- [https://hobbytronics.co.za/Content/external/1159/Spindle\\_Settings.pdf](https://hobbytronics.co.za/Content/external/1159/Spindle_Settings.pdf)
- [http://www.halfbakedmaker.org/blog/post\\_id](http://www.halfbakedmaker.org/blog/post_id)

TODO: udajne je nas motor od 8000 otacek, zamknout nastaveni, promyslet DC brzdu napr napeti 8% z max napeti po dobu 0.5s od 10Hz

Automaticky chlazení:

Vystup:

- PD050 Multi-Output 1DRV function Factory Setting 01
- PD051 Multi-Output 2UPF function Factory Setting 05
- PD052 Multi-Output 3FA, FB, FC function Factory Setting 02
- PD053 Multi-Output 4KA, KB function Factory Setting 00

Nastavit na 06 = uniform frequency reach 1

PD060, PD061 = frekvence 1 a 2

PD062 = range pro hysterezi = 1-10Hz

Preskoceni kritickejch otacek:

PD056-059

- PD130 = 1 (pocet pump)
- PD052 = 25 (pumpa 1)
- PD060 = high
- PD061 = low

<b>Systemovy veci</b>		
<b>PD000</b>	<b>1</b>	Zamek nastaveni, 1 = zamceno, 0 = odemceno
<b>PD013</b>	<b>8</b>	Vyresetuje invertor do defaultu, v zadnym pripade potom nesmi byt pripojenej motor
<b>V/F Krivka</b>		
<b>PD003</b>	<b>400</b>	Default frekvence (Hz)
<b>PD004</b>	<b>400</b>	Rated frekvence (Hz)
<b>PD005</b>	<b>400</b>	Max frekvence (Hz)
<b>PD006</b>	<b>2.5</b>	Stredni frekvence (Hz)
<b>PD007</b>	<b>0.5</b>	Min frekvence (Hz)
<b>PD008</b>	<b>220</b>	Max napeti (V)
<b>PD009</b>	<b>14</b>	Stredni napeti (V)
<b>PD010</b>	<b>7</b>	Min napeti (V)
<b>PD011</b>	<b>120</b>	Min frekvence pro vzduchem chlazeny 120Hz (=7200 RPM), vodou chlazeny 0Hz
<b>Parametry Motoru</b>		
<b>PD141</b>	<b>220</b>	Max napeti motoru (V)
<b>PD142</b>	<b>7</b>	Max proud motoru (A)
<b>PD143</b>	<b>4</b>	Pocet magnetickych polu motoru
<b>PD144</b>	<b>3000</b>	Otacky motoru pri 50Hz (pro motory 24000 RPM @ 400Hz je to <b>3000</b> RPM @ 50Hz)
<b>PD145</b>	<b>???</b>	Kompenzace kroutaku??? Nevim presne co s tim, nechal jsem default
<b>PD146</b>	<b>TODO</b>	Proud motorem bez zateze v procentech maximalniho proudu, default je 40%, asi to stahnu
<b>Rozbeh/Brzdeni</b>		
<b>PD014</b>	<b>2</b>	Akcelerace #1 (s), fungovalo to i pri zlomcih sekundy, ale radsi jsem dal rezervu, bCNC defaultne ceka na roztoceni 3sekundy a pak zacne rezat, to je potreba stihnut

## Systemovy veci

<b>PD015</b>	<b>6</b>	Decelerace #1 (s), při 1s se to triplo, při 2s to natahovalo brždění na 5s
<b>PD026</b>	<b>0</b>	0: zpomalí do zastavení snížením frekvence, 1: nechá motor volne dobehnout
<b>PD028</b>	<b>default 0.5</b>	Frekvence zastavení (Hz) Motor se pod ní nechá dotočit, nebo se zabrzdí DC brzdou
<b>PD030</b>	<b>default 0</b>	Délka DC brždění při zastavovani (s)
<b>PD031</b>	<b>default 2</b>	% z max napětí při DC brždění
<b>Externi ovladani rychlosti (volitele); Piny: VI, AI, ACM, RS+, RS-</b>		
<b>PD001</b>	<b>1</b>	Run source = 0:Operator, 1:External analog terminal, 2:Serial communication port
<b>PD002</b>	<b>1</b>	Frequency source = viz. PD001
<b>PD070</b>	<b>1</b>	Analog Input Range, 0: 0~10V, 1: 0~5V, 2:0~20mA, 3:4~20mA
<b>PD071</b>	<b>default 20</b>	Analog Filtering Constant, zvysit pri problemech
<b>PD072</b>	<b>400</b>	Higher Analog Frequency (420?)
<b>PD073</b>	<b>0</b>	Lower Analog Frequency
<b>PD074</b>	<b>default 0</b>	Bias Direction at Higher Frequency
<b>PD075</b>	<b>default 0</b>	Bias Direction at Lower Frequency
<b>PD076</b>	<b>default 0</b>	Analog Negative Bias Reverse
<b>PD163</b>	<b>1</b>	RS485 slave address, 0 = disabled, 1-250 = addr
<b>PD164</b>	<b>1</b>	RS485 baudrate, 1 = 9600
<b>PD165</b>	<b>3</b>	RS485 mode, 0 = 8N1 ASCII, 3 = 8N1 RTU

## Zapojeni kabelu

### 4 LEAD

WIRES	1	2	3	4
Color Code 1	Red	Blue	Green	Black
Color Code 2	Brown	Orange	Red	Yellow
Color Code 3	Red	Red White Stripe	Green	Green White Stripe
Bipolar Driver	A	$\bar{A}$	B	$\bar{B}$

- steppery
  1. a+ red
  2. a- blue
  3. b+ green
  4. b- black
- vřeteno
  1. U
  2. V
  3. W
  4. GND

From:  
<https://wiki.spoje.net/> - **SPOJE.NET**

Permanent link:  
[https://wiki.spoje.net/doku.php/howto/mechanical\\_engineering/cnc?rev=1563098263](https://wiki.spoje.net/doku.php/howto/mechanical_engineering/cnc?rev=1563098263)

Last update: **2019/07/14 11:57**

