

# CNC

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

Co nedělat:



- Neodpojovat motory když je k jednotce připojený napájení
- Nezapínat řídicí jednotku když nejsou připojený motory
- Pokud arduino neblíka po připojení k USB, tak nepřipojuj napájení 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
- Nenajízdet do kraju, zatím nejsou nainstalovány koncovy spinace
- Nenamoč dřevotriskovy 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 šikmejím plochám!
- Nenastavuj nic na VFD invertoru vretena!! Da se tak spalit inverter i s motorem.
- Neutahuj klestinu vretene moc velkou silou (cim delsi klic tim snazsi je to prehnat). Vreteno pak ztrati presnost a je po srande.
- Klestinu vzdycky 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 funkcionalita, 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 localhostu. Potřebuje WebGL.)
- **2D CAM (Generování g-kódu)**
  - Potřebujete vykres v **DXF** nebo v horsím případě **SVG**
  - bCNC (viz. vyše)
  - <http://jscut.org/jscut.html> (alternativa makercamu, 3D simulace nefunguje bez WebGL, umí navíc v-bit gravírování! taby umí generovat jen po přípravě v SVG)
  - <http://www.makercam.com/> <http://partkart.com/> (základní generování z SVG křivek)
  - <https://laserweb.github.io/LaserWeb4/dist/> (nastupce jsCutu, bohužel jsem do něj zatím neprošel. nefunguje bez WebGL. settings→application→cnc mode)
- **3D CAM (Generování 3D g-kódu)**
  - Potřebujete **STL** model z **OpenSCADu**, nebo FreeCADu <http://www.openscad.org/> <https://www.freecadweb.org/>
  - <https://grid.space/> (3D CAM v browseru, je to zároveň slicer pro 3D tisk a laserový řezání)
  - <https://partmill.com/> (3D CAM v browseru, beta verze toho umí tak málo, že je téměř nepoužitelná, třeba se časem zlepšit)
  - <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/> (není úplně zadarmo, ale vypadá docela šikovně)
- **V-carve**
  - F-Engrave <http://www.sorchworks.com/Fengrave/fengrave.html>
  - jscut (viz. vyše)
- **PCB do g-kódu**
  - gEDA/PCB (má export přímo do g-code)
  - <http://flatcam.org/>
  - <http://copper.carbide3d.com/> <http://carbide3d.com/apps/pcb/>
  - <https://github.com/Traumflug/Visolate> vtipně zjednodušuje PCB pomocí Voronoi
- **Webovky s jednoúčelovými generátory G-kódu**
  - <http://www.thuijzer.nl/image2gcode/> (zpracování vojenské mapy do 3D g-kódu. přidat příkaz na feedrate, např.: F1000)
  - [https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Interactive\\_G-Code\\_Generators](https://www.shapeoko.com/wiki/index.php/Interactive_G-Code_Generators) (různé jednoúčelové generátory)
  - <http://www.intuwiz.com/engraving-rectangle-grid.html> (generator mřížky)
  - <https://sct-usa.com/thread-mill-code-generator/> (generator závitu)
- **Optimalizace g-kódu** (není potřeba, ale mám pocit, že to není úplně blbě napad vzhledem k tomu, co občas leze z CAMu...)
  - Neosvědčilo se na 3D, je potřeba kód po optimalizaci zkontrolovat!
  - bCNC (viz. vyše)
  - <https://github.com/alsliahona/gcode-optimizer>
  - <https://github.com/runeSal/OPTI-G>
- **Simulatory G-kódu**
  - [http://www.cncwebtools.com/Apps/GCode\\_Simulator/index.html](http://www.cncwebtools.com/Apps/GCode_Simulator/index.html) (potřebuje WebGL, mě chodí jen ve Firefoxu)
  - <http://camotics.org> (Dříve OpenSCAM)
  - FreeCAD (viz. vyše)
- **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 kterýho 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.) Dělalí se z něj špičky vrtáků do zdi (aka "widiáky").
    - **HSS**, high speed steel, vysokorychlostní ocel. Nejvíc obyč materiál, měkčí než karbid, snáží se tupí a přehřívá (=pozor na otáčky), ale hůř se láme. Je levnější a na měkčí materiály stačí. Dělalí se z něj obyč 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 velkejma frézama nemám moc zkušenosti
  - Podle tvaru
    - **end mill**, flat (česky **čelní fréza**) (běžné řezání, frézování, drážkování, vrtání)
    - **Ball head end mill** (endmill s hezcím finišem na 3D věci, muze rychleji odebirat material, 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 plošňáků, srazeni hran, drazkovani 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 nevadí vetsi pocet zubu za minutu)
    - 4-flute (hezci finis)
  - Podle spirály
    - **Upcut** (spirála jako vrták, lépe odklízí třísky, ale škube okraje)
    - **Straight** (hůř odklízí třísky, ale dělá hezcí 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 pouzival

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 břit	1mm		700mm	300mm	Dremel 3000	Max	místama to skákalo
Hliník	3.175mm, 1 břit	0.1mm		150mm	30mm	Dremel 3000	Max	
Hliník	3.175mm, 1 břit	0.5mm		240mm	124mm	lidl	10k??	Salam23
Dibond	3.175mm, 1 břit	1mm		250mm (400mm?)	250mm	lidl	20k??	Salam23
Dibond	3.175mm, 1 břit "half straight" na plast	1mm		250mm (400mm?)	100mm?	China 1.5kW VFD	17k	rychle projit hliníkem (= ne zdlouhavej helix), taby ~3mm
Hliník	3.175mm, 1 břit	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 deflekcí! velký otáčky taky.

Material	Freza	Hloubka řezu	Stepover	Posuv XY /min (feed)	Posuv Z /min (plunge)	Vřeteno	RPM	Pozn.
Překližka	3.175mm, 1 břit half straight	1mm		1500mm	600mm	China 1.5kW VFD	12000	lepší než s dvoubřitkou, ale možná bych ještě snížil otáčky...
HDPE	3.175mm, 1 břit straight	1mm		2000mm	500mm	China 1.5kW VFD	7200	
gutta hobbycolor 3mm pěnová PVC deska	3.175mm, 1 břit	1.5mm		4000mm	2000mm	China 1.5kW VFD	7200	
Plexisklo PMMA (acrylic)	3.175mm, 1 břit	0.5mm		1000mm	250mm	China 1.5kW VFD	9000	pomaha mazat (staci WD40), obcas skakalo
Recyklát / Traplast	3.175mm, 1 břit	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 dobry 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 zalezi na tloustce medi)
    - 0mm bylo malo a 0.1mm bylo HOODNE MOC (=je to pak nepouzitelne otrhany)
    - rozhodne delat korekci v setinach nebo tisicinach, nikdy ne po desetinach!
    - Mozna by davalo 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 pomoci kontaktniho sondovani 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 pracovniho 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-engraving-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 (pouzivame, 3osy, freza, laser)
- TinyG (6 os)
- Smoothieboard (6 os, umi i nekartezsky roboty, krome CNC a laseru i 3d tisk, vyzaduje 32b mikroprocesor)
- GNEA (budouci port GRBL na silnejsi mikroprocesor)

## Microstepping

### A4988 (8-35V, 1A bez chlazení, 2A s chlazením)

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution
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 chlazení, 2.2A s chlazením)

MODE0	MODE1	MODE2	Microstep Resolution
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>

## Současné nastavení řídicí 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

$\text{novy\_pocet\_kroku\_na\_mm} = \text{soucasny\_pocet\_kroku\_na\_mm} * \text{ocekavana\_vzdalenost/ujeta\_vzdalenost}$

## Nastaveni invertoru Huanyang 1.5kW



- V tomhle se fakt radsí 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 1 [DRV function] Factory Setting [01]
- PD051 Multi-Output 2 [UPF function] Factory Setting [05]
- PD052 Multi-Output 3 [FA, FB, FC function] Factory Setting [02]
- PD053 Multi-Output 4 [KA, 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 kritickejjch otacek:

PD056-059

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

Systemovy veci		
<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 bejt pripojenej motor
V/F Krivka		
<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
Parametry Motoru		
<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 magnetickyh 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
Rozběh/Brždění		
<b>PD014</b>	<b>2</b>	Akcelerace #1 (s), fungovalo to i při zlomcích sekundy, ale radši jsem dal rezervu, bCNC defaultne ceká na roztoceni 3sekundy a pak zacne rezat, to je potreba stihnout

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: necha 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
Externi ovladani rychlosti (volitelne); Piny: VI, AI, ACM, RS+, RS-	
<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, zvyšit 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**

