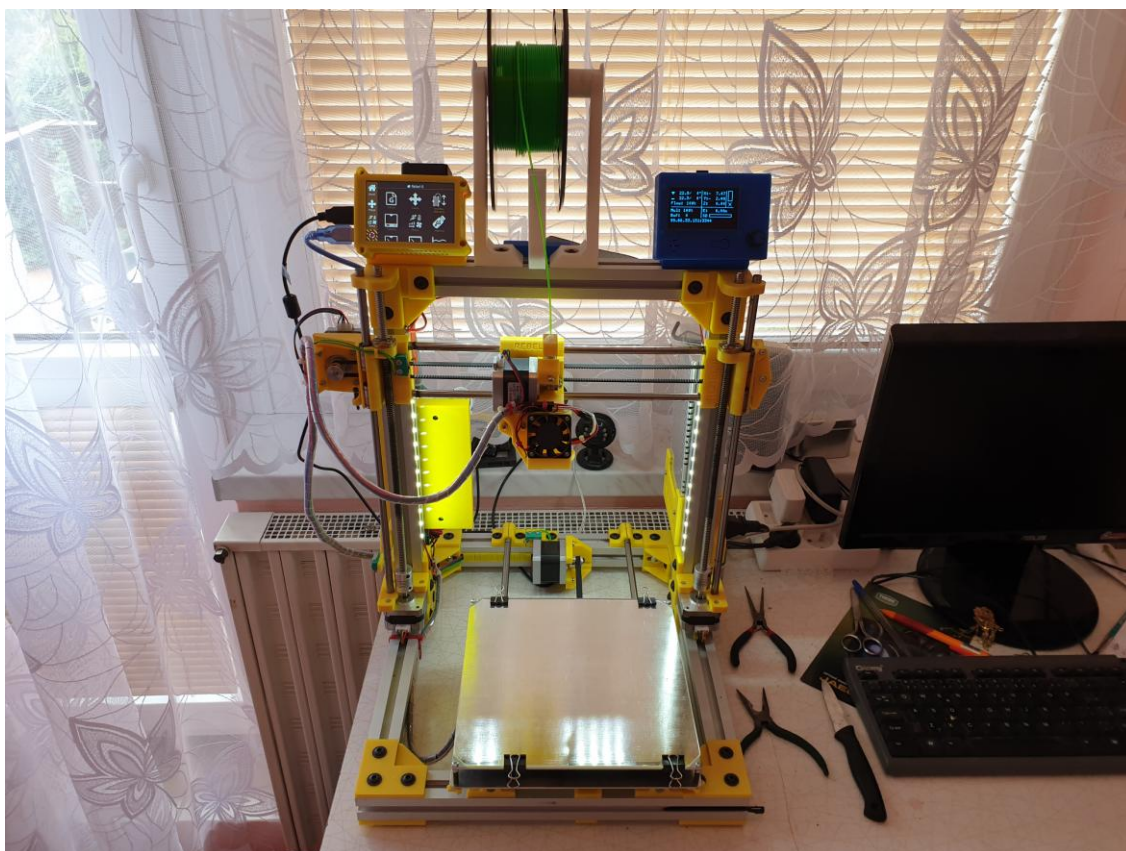


# Jak na stavbu 3D tiskárny

Lukáš Kořínek – [www.sakul.cz](http://www.sakul.cz) – [info@sakul.cz](mailto:info@sakul.cz)



Už je to nějaký ten rok zpátky, kdy jsem si pořídil svojí první 3D tiskárnu. Byla to tiskárna [da Vinci 1.0 AiO](#), která je navíc vybavena 3D scannerem. Vzhledem k tomu, že jsem před touto tiskárnou neměl žádnou zkušenost s 3D tiskem, očekával jsem celkem velké problémy, než se mi podaří vytisknout něco použitelného. Nicméně vše bylo optimalizováno tak, že i nezkušený uživatel byl schopen během chvilky celkem obstojného tisku. Jak čas plynul, začal jsem u této tiskárny narážet na její omezení a tak jsem se rozhodl, že je čas postavit si tiskárnu sám. V tomto seriálu se tedy pokusím nastínit co taková stavba 3D tiskárny obnáší a pro koho je vlastně určena. V žádném případě nejde o podrobný návod na stavbu, ale spíše o takového průvodce.

## Pro koho je 3D tiskárna určena:

Ač se to nezdá a mnozí výrobci 3D tiskáren se snaží přesvědčit své potenciální zákazníky, že 3D tisk je něco běžného a všichni to potřebují. Není tomu tak. Drtivá většina lidí 3D tiskárnu vůbec nepotřebuje a nejsou schopni ji nijak využít. Jde totiž o to, že pokud chceme využít plný potenciál tiskárny, musíme umět vytvářet 3D modely. A zde je problém. Je spousta lidí co se pro 3D tisk nadchne a pořídí si tiskárnu. V dnešní době jsou ceny tiskáren opravdu nízké, a pokud se nebudeme bavit o nějakých profi tiskárnách, lze ji pořídít do 10000Kč (Jsou i extrémy kolem 5000Kč, ale jejich kvalita je žalostná). To dělá z 3D tiskárny spotřební zboží, které si může pořídít opravdu každý. Proto si ji pořizují i lidé, kteří neumí navrhovat 3D modely s tím, že si potřebné modely někde stáhnou. To je jistě jedno z řešení, ale po vyprchání první euforie z toho, že si vytiskli hezkou postavičku nebo nějaký držáček, tiskárna skončí někde v rohu místnosti, kde se na ni práší.

Opravdový smysl to začne dávat až teprve v momentě, kdy umíme navrhnout libovolný 3D objekt, optimalizovat ho pro tisk a následně vytisknout. Náhle se tiskárna stává dobrým pomocníkem. Pokud se zabýváme i nějakou činností jako je třeba právě elektronika, můžeme velmi snadno pro různá zařízení vytvářet krabičky na míru. To byl i jeden z důvodů, proč jsem si tiskárnu pořídil já. Samozřejmě existuje mnoho oborů, kde je pomoc 3D tiskárny neocenitelná. To si už musí každý zdůvodnit sám.

Takže abych odpověděl na otázku pro koho je 3D tiskárna určena? Rozhodně pro někoho, kdo se zabývá nějakou kreativní činností, při které je potřeba vyrábět různé díly. Typickým příkladem může být právě již zmiňovaná výroba krabiček a krytů pro elektronická zařízení, tisk různých RC modelů letadel, lodí a tak dále.

### **Co je to ta 3D tiskárna:**

Když se řekne 3D tiskárna nemalá část lidí si představí běžnou tiskárnu na dokumenty a obrázky, s tím že z ní lze hmatatelný 3D objekt. Ve své podstatě nejsou až tak daleko od pravdy. Ovšem mnohem přesnější by bylo přirovnání k CNC obráběcímu stroji. Fakt, že většina lidí takovýto CNC stroj v životě neviděla se nelze divit, že se snaží si to spojit s běžnou tiskárnou, kterou má navíc skoro každý doma.

Nechtěl bych se tady zbytečně pouštět do podrobného vysvětlování co to ta 3D tiskárna je. Protože stejně jak existuje nespočet druhů běžných tiskáren (inkoustové, laserové, thermo), jsou i různé druhy 3D tiskáren FFF (materiál vytlačovaný tiskovou hlavou), SLA (tekutý materiál vytvrzovaný ve vrstvě třeba pomocí UV) a tak bychom mohli pokračovat dál a dál. Já se zaměřím na technologii FFF. Tedy materiál vytlačovaný z tiskové hlavy.

Takže, abychom si alespoň v rychlosti nastínili, z čeho se taková tiskárna skládá, popíšeme si jednotlivé části.

To co je na první pohled patrné je nějaká základna s rámem. Opět existuje několik mechanických provedení lišících se uspořádáním os. Osa je pohyblivá část, na které se může pohybovat další osa nebo tisková hlava, případně stolek. Běžná tiskárna má 4 osy, přičemž 3 z nich (osa X, Y a Z) se starají o pohyb tiskové hlavy v 3D prostoru. Zde to však nemusí být tak, že by se tisková hlava pohybovala fyzicky ve všech osách, ale většinou se pohybuje pouze ve dvou osách a pohyb ve zbývající ose zajišťuje stolek, na který se daný objekt tiskne. Je to jistý kompromis mezi cenou a složitostí konstrukce. I zde existuje několik variant provedení.

Čtvrtá osa je tak trochu maskovaná, protože nevykonává lineární pohyby, ale stará se o posouvání tiskového filamentu (nějaký plast PLA, ABS, PETg a další, jehož roztavením a nanesením tiskárna vlastně vytváří výsledný 3D objekt), takzvaný extruder. Jak už jsem psal, objekty se tisknou na stolek, který bývá dnes prakticky vždy vybaven vyhřívanou tiskovou podložkou. Tato podložka zajistí dobré přichycení tištěného materiálu a tím pádem bezproblémový tisk. Opět variant podložek a hlavně jejich materiálů existují spousty.

Poslední poměrně důležitou součástí takové tiskárny je řídicí elektronika. V současné době je k dispozici obrovské množství různých řídicích desek, používající různý firmware. A protože tento článek je zaměřen hlavně pro elektroniky v dalším textu si budeme o jedné takové elektronice povídat podrobněji.

### **Jak na stavbu 3D tiskárny:**

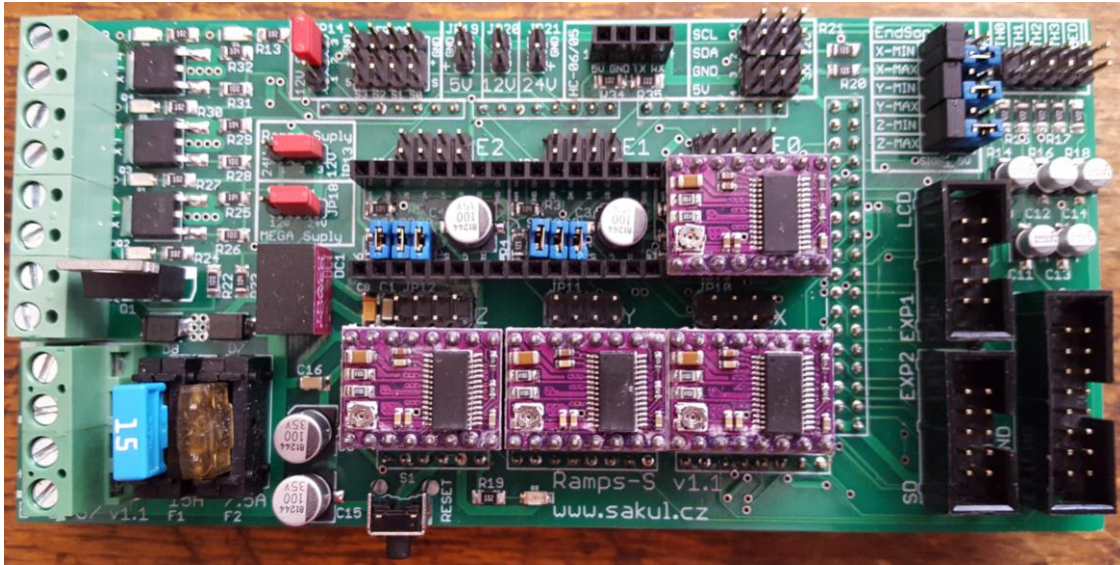
V předchozím textu jsme si řekli pro koho je tiskárna vhodná a z čeho se skládá. Samozřejmě jen velmi zjednodušeně. Předpokládám, že vážný zájemce o stavbu takto poměrně složitého stroje si již nějaké informace vyhledal například na internetu a tak má jistou představu co ho čeká. Z mé zkušenosti vím, že pro většinu lidí alespoň trochu zručných, není problém sestavit mechanickou konstrukci. Problémy začínají až s osazením elektroniky a následně s nakonfigurováním a nahráním firmware do této elektroniky. Já budu předpokládat alespoň

malou znalost elektroniky a minimální znalost konfigurace firmware. Pokusím se vše popsat co nejjednodušeji bez zbytečných detailů, které by začátečníka mohli akorát mást. Možná si někdo v tuto chvíli říká, proč by si měl tiskárnu stavět sám, když jsem hned v úvodu psal, že se dá již hotová pořídit poměrně levně. Dokonce je to tak, že pokud si ji koupíte již hotovou, vyjde Vás klidně i na polovinu, té kterou si postavíte vlastními silami. Na toto mám v zásadě jednoduchou odpověď. Pokud si ji postavíte sami, budete přesně vědět z čeho je postavena, jak která komponenta funguje a celkově budete mít o všem přehled. Současně se při stavbě naučíte něco nového o konstrukci CNC strojů, což může být určitě výhoda i do budoucna. Další výhodou takovéto stavby je i pozdější řešení problémů s tiskárnou. Protože 3D tiskárna je poměrně složitý CNC stroj, je tedy naprosto nevyhnutelné, že jednou dojde k poruše. Oprava je pak v případě, že jste celý stroj postavili sami mnohem jednodušší. Navíc není do budoucna problém tiskárnu vylepšovat a dále ladit pro stále lepší tisky. Osobně stále věřím, že jsou zde čtenáři, co si danou konstrukci raději postaví sami i s vědomím, že koupit to samé zařízení by bylo jednodušší ba i levnější. Ale ten pocit, když dané zařízení zprovozníte a začne Vám sloužit, koupenou věcí nelze nahradit.

### **Mechanická konstrukce:**

Samozřejmě existuje mnoho variant tiskáren a jejich mechanického provedení. Já jsem si pro stavbu po delších úvahách vybral tiskárnu [Rebel II](#). Jedná se o konstrukci založenou na hliníkových profilech, které jsou poměrně levné a hlavně umožňují velkou variabilitu konstrukce. Dalším důvodem výběru této konstrukce je obrovská Česká uživatelská komunita a otevřená konstrukce. Otevřenou konstrukcí se myslí, že všechny plastové díly jsou k dispozici zdarma a stejně tak vše ostatní. To je velice důležité, pokud chceme na tiskárně do budoucna provádět různé úpravy a předělávky. Díky velké komunitě uživatelů není problém ani se zprovozněním a vždy se dá najít někdo, kdo poradí začínajícímu tiskaři. Samozřejmě zde nemáme dostatek prostoru, abychom si popisovaly celou mechanickou stavbu tiskárny, to opět nechávám na každém, aby si potřebné informace vyhledal. Díky poměrně velkému rozšíření této tiskárny v Čechách a na Slovensku se dá na internetu dohledat mnoho velice pěkně napsaných návodů včetně rozpisů všech potřebných dílů. Já bych se spíše chtěl věnovat elektronice a samotnému zprovoznění tiskárny.

# Ramps-S v1.2



Jedná se o Shield pro desku Arduino MEGA, který slouží k řízení 3D tiskárny. Navrhl jsem ho proto, že původní verze tohoto shieldu **Ramps v1.4** je již značně zastaralá a bohužel i poměrně hodně nekvalitní. A bez dodatečných úprav ho není možno na současné 3D tiskárně použít. Tato moje verze Ramps-S má vyřešeny všechny nedostatky původní verze a navíc jsou přidány nové funkce, které tento shield posouvají opět o něco dále.

## Technické specifikace:

1. Kompatibilní procesorová deska - [Arduino MEGA - Micro USB](#)
2. 6x Driver pro krokové motory v patici (E0,E1,E2 a X,Y,Z)
3. Každý driver má výstup pro 2 motory
4. Konektor pro Bluetooth modul HC-06/05
5. Konektory pro 5 teplotních čidel
6. Konektory pro koncové spínače 6x (X-max/min, Y-max/min, Z-max/min)
7. Konektory pro 4 serva s volitelným napájením 5/12V (PWM). Možno připojit různé sondy pro autoleveling
8. 3x konektor pro I2C sběrnici
9. 4x výkonový výstup pro topení (3x tryska, 1x podložka)
10. 2 napájecí pojistky. Jedna samostatná pro vyhřívanou podložku (v patici) a 1x pro motory, topení a ostatní napájení (v patici). Použity běžné malé Auto pojistky
11. Napájecí napětí 12/24V (nutno na desce přepnout)
12. Interní DC/DC stabilizátor na 12V pro napájení ventilátorů a Arduina
13. Konektory se zámkem pro připojení běžných displejů [GLCD](#) nebo [LCD2004](#)
14. Konektory s vývody napájení 5, 12 a 24V pro napájení další připojené elektroniky
15. Konektor se zámkem pro připojení dalších rozšiřujících desek (6x analogový vstup + 6x digitální I/O)
16. Volný UART pro připojení nějakého sériového zařízení (Bluetooth, WIFI a podobně)

## Popis Ramps-S:

Velké množství dnes používaných elektronik pro 3D tiskárny používá mikropočítač ATMEGA2560. Jde o 8 bitový mikropočítač s pracovní frekvencí 16MHz. Na první pohled se může zdát, že jde o hodně starý mikropočítač nevalného výkonu. Opak je pravdou. Výkonu



pro řízení 3D tiskárny je dostatek. Nevýhodou použití tohoto mikropočítače je jeho provedení v SMD a praktická nemožnost ho pájet v domácích podmínkách. Tím nechci říct, že by to bylo zcela nemožné, ale vyžaduje to jisté vybavení, které nemá každý k dispozici. Proto už v začátcích 3D tiskáren vznikl rozšiřující modul (Shield) na vývojovou desku [Arduino MEGA](#) (obsahuje tento mikropočítač ATMEGA2560) s názvem [Ramps](#). Postupem byl tento shield vylepšován a v současné době existuje verze 1.6 (možná i novější). Ovšem vesměs se u amatérských konstruktérů používá Ramps v1.4, který je nutné si upravit. Současně jde asi o nejlevnější variantu pro řízení tiskárny s celkem dobrou variabilitou. Bohužel vývoj tiskáren jde poměrně rychle vpřed a tak i ta nejnovější varianta Rampsu neodpovídá požadavkům na funkce. Proto jsem se rozhodl přispět a navrhl jsem dle mého názoru mnohem lepší variantu rozšiřující desky: Ramps-S.

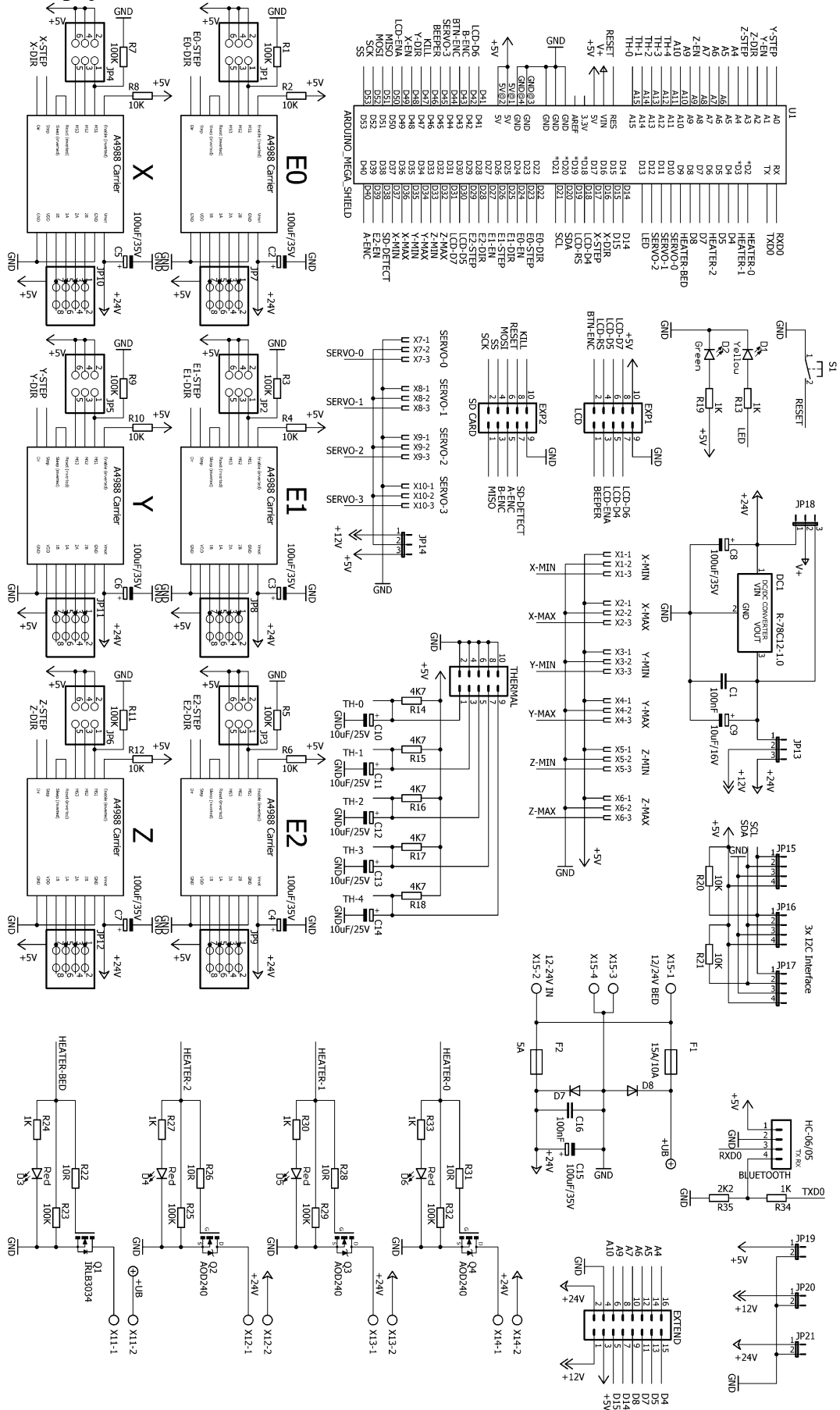
Tato rozšiřující deska může být osazena až šesti výkonovými drivery pro krokové motory, což umožňuje řídit všechny 3 osy a až 3 samostatné extrudery. Přičemž každý driver umožňuje připojit až 2 motory paralelně. Dále byly doplněny konektory pro připojení ovládacího panelu a to jak ve verzi s textovým ([LCD2004](#)) nebo grafickým ([GLCD](#)) displejem. Taktéž je možno použít i moji variantu ovládacího panelu s OLED displejem a WIFI rozhraním, o kterém si napíšeme dále. S rozšířením počtu extruderů bylo nutné rozšířit i vstupy pro teplotní čidla, kterých tato deska obsahuje hned 5. Jeden pro vyhřívanou podložku, 3 pro extrudery a ještě jeden pro libovolné použití (například ovládání nějakého ventilátoru v závislosti na teplotě). Dle standardu bylo zachováno 6 vstupů pro koncové polohy (MIN/MAX každé osy), s možností napájení 5V (například pro optická čidla, nebo různé sondy pro autoleveling). Důležitou změnou je použití nožových automobilových pojistek v patičkách. Toto mají stávající desky Ramps v1.4 řešeno špatně s nedostatečně dimenzovanými PTP pojistkami, a je nutno je vždy vyměnit. Současně byly použity pro spínání topení výkonnější tranzistory, které nevyžadují žádné přídatné chlazení až do proudu 15A pro vyhřívanou podložku a 5A pro topení extruderu. Protože proudy kolem 15A při napětí 12V jsou již značné, jsou kladeny zvýšené nároky na kvalitní kabeláž. Toho se lze vyvarovat použitím 24V napájení, které umí deska Ramps-S zpracovat. Pro případ použití napájení právě z 24V zdroje je osazen 12V DC/DC měnič, který se postará o bezpečné napájení procesorové desky Arduino MEGA a případně připojených 12V ventilátorů.

Pro bezdrátovou komunikaci s tiskárnou je pak osazen konektor pro připojení Bluetooth modulu HC-05/06. Samozřejmostí jsou pak i konektory pro připojení zařízení na sběrnici I2C, konektory pro připojení serv s volitelným napájením 5V/12V a samostatné konektory s napětím 5V, 12V a 24V. Všechny nevyužité vývody mikropočítače z procesorové desky Arduino MEGA jsou vyvedeny do rozšiřujícího konektoru, kam je možno připojit rozšiřující výkonové moduly například pro ovládání dalších ventilátorů, osvětlení nebo laseru. I o těchto modulech si napíšeme dále.

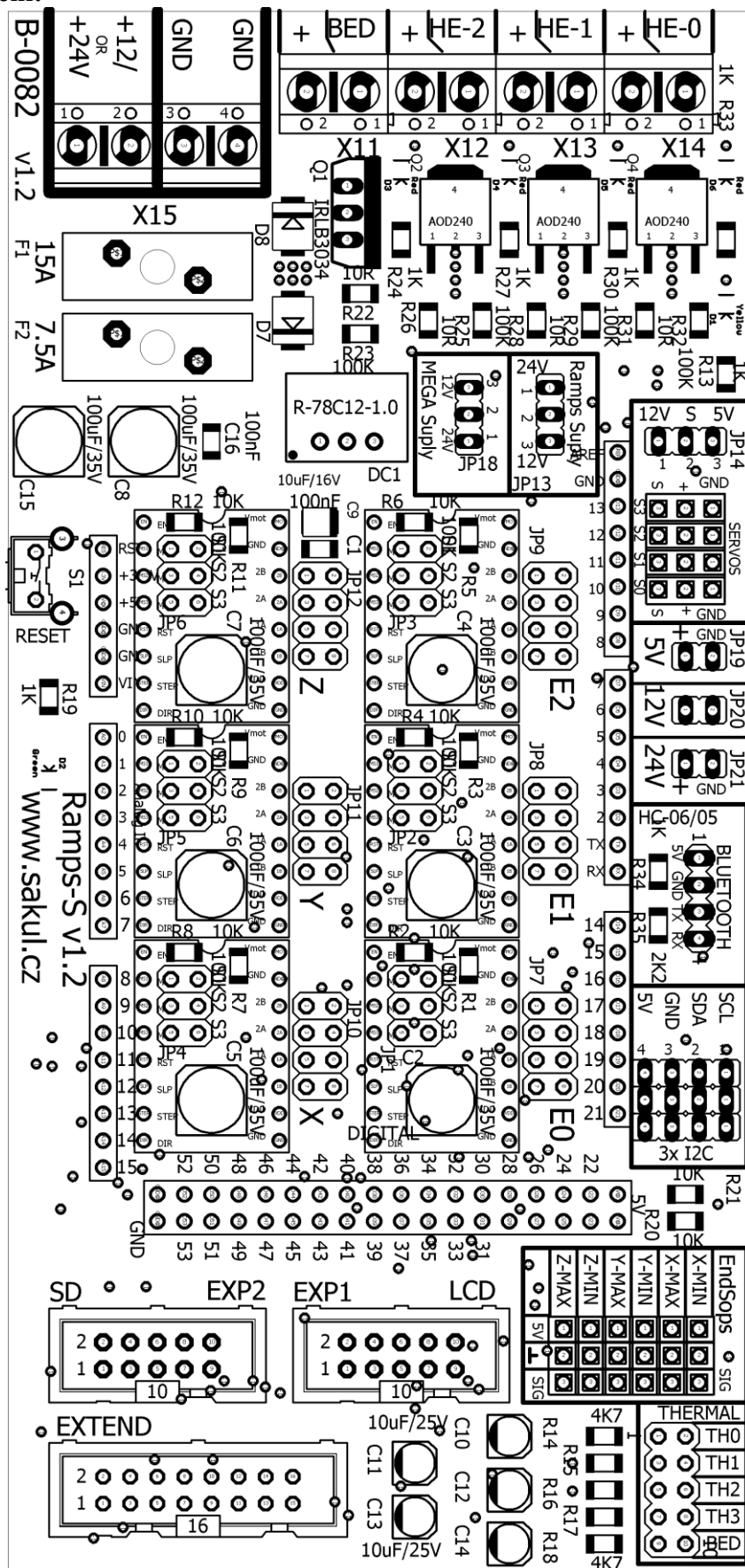
Poslední zásadní změnou oproti klasickému Ramps je použití kvalitních svorkovnic pro proudy až 20A pro vstup napájení a vyhřívanou podložku.

Změn je opravdu mnoho a všechny vychází z potřeby mít k dispozici co nejuniversálnější desku za rozumné peníze a současně i zhotovitelnou v domácích podmínkách bez zvláštního vybavení. Vesměs jsou použity součástky v THT provedení a několik pasivních součástek v SMD, přičemž byly použity pouzdra 1206, pro snadné pájení.

## Schéma zapojení:



# Schéma osazení:



### **Postup osazení:**

Při osazování součástek postupujeme od nejmenších k největším. Doporučuji nejprve osadit všechny rezistory, LED diody, a kondenzátory. Následně pak diody a SMD tranzistory. Následně začneme osazovat zbylé konektory. Zde je dobré osadit nejprve všechny na středu desky ze strany TOP. Než osadíte i ty na krajích desky, nezapomeňte osadit všechny konektory na stranu BOTTOM, které slouží k propojení s procesorovou deskou Arduino MEGA. Pokud by jste si je nechali až na konec, hodně špatně by se Vám k nim dostávalo s hrotem páječky, kvůli vysokým okolním součástkám. Nakonec osadíme svorkovnice, držáky pojistek a výkonový tranzistor pro podložku v pouzdře TO220.

Při pájení větších součástek a hlavně výkonových tranzistorů dbejte na dobré prohrátí pájeného spoje, aby byl kvalitní. Pokud uděláte studený spoj, může dojít k velmi nebezpečné situaci. Těmito vývody mohou téci proudy až kolem 15A a tak by se na studených spojích mohly vygenerovat poměrně vysoké teploty a v lepším případě by mohlo dojít k poškození PCB a dané součástky. V horším případě pak k zahoření. Proto si po zapájení všech komponent, vše znovu důkladně prohlédněte ideálně pod lupou. Při kontrole se zaměřte hlavně na kvalitu pájených spojů, ale i na nechtěné můstky mezi sousedními pájecími body. Vzhledem k tomu, že deska obsahuje poměrně hodně prokovů, které se mohou nacházet poblíž součástek a pájecích bodů je velmi snadné je zkratovat.

### **Oživení:**

Před tím, než Ramps-S propojíte s procesorovou deskou Arduino MEGA je dobré ho prověřit, že během stavby nedošlo k nějaké závadě (například vlivem pájení). Proto samotný Ramps-S připojíme na napájení 12V ideálně z laboratorního zdroje s proudovým omezením, kde nastavíme toto omezení například na 50mA. Následně kontrolujeme, jestli deska nezpůsobuje zkrat. Sama o sobě by neměla mít vůbec žádný odběr. Nyní můžeme osadit jumper spojky na JP13 na piny 2/3 a JP18 na piny 1/2. Tím je navoleno napájení procesorové desky ze vstupního napětí Rampsu-S (JP18), tedy napětím 12V. Na pinu označeném V+ (VIN), zkontrolujeme, že je toto napětí 12V přítomno. Pokud je vše v pořádku, odpojíme napájení a osadíme jumper spojky na JP18 na piny 2/3 a na JP13 na piny 1/2. Na zdroji nastavíme napětí 24V a opět ho připojíme k Ramps-S. Zkontrolujeme napětí na pinu označeném V+ (VIN), kde by mělo být 12V. Následně můžeme prověřit napětí na JP20, kde naměříme 12V a J21, kde naměříme 24V. Opět by Ramps-S neměl mít žádný odběr.

Po těchto kontrolách můžeme konečně připojit procesorovou desku Arduino MEGA. Zde je nutné upozornit na fakt, že je vhodné použít variantu osazenou mikro USB konektorem. Dále je vhodné odstranit z procesorové desky i napájecí konektor, který není k ničemu potřeba a vadí pojistkovému držáku na desce Ramps-S. Následně sesadíme obě desky do sebe, přičemž dbáme zvýšené pozornosti, abychom sesazení provedli správně.

Opět připojíme tuto sestavu na napájení 24V a kontrolujeme odběr. Ten by neměl překročit 10-15mA. Současně by se měla rozsvítit i LED D2 signalizující přítomnost napětí 5V, které si deska Ramps-S bere z desky MEGA. Pokud je tedy odběr v pořádku opět přeměříme JP21 (24V), JP20 (12V) a JP19 (5V). Následně prověříme přítomnost správných napětí na všech konektorech. Tím bude první část oživení hotová a pokračovat budeme s nahráním firmware. Předtím, než do elektroniky nahrajeme firmware, je dobré znát mapování všech vývodů, abychom se případně dokázali orientovat v konfiguračním rozhraní firmware. Toto mapování najdete v následující tabulce. Taktéž dále najdete význam všech Jumper spojek a pinů konektorů.



**Mapování vývodů:**

Vývod Arduino MEGA	Funkce	Poznámka
D0	RXD 0	Napojení na USB/Bluetooth
D1	TXD 0	Napojení na USB/Bluetooth
D2	Heater 0	PWM ( <b>Tryska</b> )
D3	Heater 1	PWM ( <b>Ofuk výtisku</b> )
D4	Volné / <b>Osvětlení</b>	PWM/ Extend (pin 15)
D5	Volné / <b>Ventilátor driverů</b>	PWM/ Extend (pin 13)
D6	Heater 2	PWM ( <b>Chlazení extruderu</b> )
D7	Volné	PWM/ Extend (pin 11)
D8	Volné / <b>Laser</b>	PWM/ Extend (pin 9)
D9	Heater BED	PWM
D10	Servo 0	PWM
D11	Servo 1	PWM
D12	Servo 2	PWM
D13	LED	PWM
D14	Volné	TXD 3/ Extend (pin 7)
D15	Volné	RXD 3/ Extend (pin 5)
D16	X-DIR	
D17	X-STEP	
D18	LCD-D4	EXP1 (pin 5)
D19	LCD-RS	EXP1 (pin 4)
D20	SDA	I2C Interface
D21	SCL	I2C Interface
D22	E0-DIR	
D23	E0_STEP	
D24	E0-EN	
D25	E1-DIR	
D26	E1-STEP	
D27	E1-EN	
D28	E2-DIR	
D29	E2-STEP	
D30	LCD-D5	EXP1 (pin 6)
D31	LCD-D7	EXP1 (pin 8)
D32	Z-MAX	
D33	Z-MIN	
D34	Y-MAX	
D35	Y-MIN	
D36	X-MAX	
D37	X-MIN	
D38	SD-Detect	EXP2 (pin 7)
D39	E2-EN	
D40	A-ENC	EXP2 (pin 5)
D41	LCD-D6	EXP1 (pin 7)
D42	B-ENC	EXP2 (pin 3)
D43	BTN-ENC	EXP1 (pin 2)
D44	Servo 3	PWM
D45	BEEPER	PWM / EXP1 (pin 1)

D46	KILL	PWM / EXP2 (pin 10)
D47	Y-DIR	
D48	X-EN	
D49	LCD-ENA	EXP1 (pin 3)
D50	MISO	EXP2 (pin 1)
D51	MOSI	EXP2 (pin 6)
D52	SCK	EXP2 (pin 2)
D53	SS	EXP2 (pin 4)
D54/A0	Y-STEP	
D55/A1	Y-EN	
D56/A2	Z-DIR	
D57/A3	Z-STEP	
D58/A4	Volné	Extend (pin 16)
D59/A5	Volné	Extend (pin 14)
D60/A6	Volné	Extend (pin 12)
D61/A7	Volné	Extend (pin 10)
D62/A8	Z-EN	
D63/A9	Volné	Extend (pin 8)
D64/A10	Volné	Extend (pin 6)
D65/A11	TH-4	
D66/A12	TH-3	
D67/A13	TH-2	
D68/A14	TH-1	
D69/A15	TH-0	
Červené popisky jsou platné s mojí verzí firmware!		

### Význam Jumper spojek:

**JP1-JP6** - Nastavuje mikrokrokování daného driveru. Jumpery se osazují vždy na dvojici pinů 1-2, 3-4 a 5-6. Přičemž první dvojice je označena S1 (MS1), druhá S2 (MS2) a třetí S3 (MS3). To jaké je třeba kombinace pro dosažení požadovaného mikrokrokování, záleží vždy na typu použitého driveru. Proto si nejprve prostudujte datasheet driveru, který chcete osadit.

**JP13** - Zde je možno volit jaké napětí bude přivedeno do větve 12V. Z důvodu maximální universálnosti je možno osazením spojky na piny **1-2** přepnout výstup integrovaného měniče DC/DC (DC1) na výstup 12V. To je vhodné pokud používáme napájení desky Ramps-S napětím **15V a vyšším**. V tomto případě pak integrovaný měnič stabilizuje vstupní napětí Ramps-S na 12V, které je vhodné pro napájení například ventilátorů a hlavně procesorové desky Arduino MEGA.

Pokud osadíme spojku na piny **2-3**, bude vstupní napětí Rampsu-S přivedeno přímo do větve 12V. To je vhodné pokud používáme napájení desky Ramps-S **15V a méně** (typicky 12V). V takovém případě by již integrovaný DC/DC měnič nemusel pracovat spolehlivě a jeho výstupní napětí by bylo nižší než 12V, což by mohlo způsobit nedostatečné chlazení pomocí ventilátorů na 12V a případně takto nízké napětí by nemuselo stačit pro napájení procesorové desky Arduino MEGA.

**JP14** - Zde můžeme volit, jaké bude přivedeno napájení do konektoru Serv. Při osazení spojky na piny **1-2** bude na serva přivedeno napájení z větve 12V. **Pozor toto napětí je závislé na kombinaci JP13 a vstupním napájení Ramps-S.** Při osazení jumperu na piny **2-3** bude na serva přivedeno napětí 5V.

**JP18** - Tímto volíme, jakým napětím bude napájena procesorová deska Arduino MEGA. Při osazení jumperu na piny **1-2** bude Arduino MEGA napájeno vstupním napětím Ramps-S. Toto je vhodné v případě, že používáme pro napájení desky Ramps-S napětí **15V a méně**. Pokud bychom chtěli použít napětí **15V a více** je nutno zapojit propojku na piny **2-3**.

#### **Význam zapojení konektorů periférií:**

**EXP1** - Do tohoto konektoru přijde připojit plochý kabel od [LCD2004](#) nebo [GLCD](#).

**EXP2** - Do tohoto konektoru přijde připojit plochý kabel od [LCD2004](#) nebo [GLCD](#), případně od čtečky paměťových karet SD.

**EXTEND** - Konektor pro připojení dodatečných periférií. Zapojení pinů je následující:

1. **12V** (pozor může se lišit podle konfigurace JP13)
2. **24V** (záleží na napájecím napětí desky Ramps-S)
3. **5V** (max odběr proudu z tohoto vývodu je 50mA, případně krátkodobě 100mA)
4. **GND**
5. D15 (Port procesoru s digitálním I/O, případně s RXD 3)
6. **A10/D64** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
7. D14 (Port procesoru s digitálním I/O, případně s TXD 3)
8. **A9/D63** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
9. D8 (Port procesoru s digitálním I/O s HW podporou PWM)
10. **A7/D61** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
11. D7 (Port procesoru s digitálním I/O s HW podporou PWM)
12. **A6/D60** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
13. D5 (Port procesoru s digitálním I/O s HW podporou PWM)
14. **A5/D59** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
15. D4 (Port procesoru s digitálním I/O s HW podporou PWM)
16. **A4/D58** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)

**JP15-JP17** - Připojení na I2C sběrnici. Zapojení pinů je následující:

1. SCL
2. SDA
3. **GND**
4. **5V**

**JP19** - Vývod napětí 5V (max odběr proudu z tohoto vývodu je 50mA)

1. **5V**
2. **GND**

**JP20** - Vývod napětí 12V (Záleží na konfiguraci JP13 a vstupním napětí Ramps-S)

1. **12V**
2. **GND**

**JP21** - Vývod napětí 24V (Záleží na vstupním napětí Ramps-S)

1. **24V**
2. **GND**

**Bluetooth** - Konektor pro připojení BT modulu [HC-06/05](#) (nutno naprogramovat)

1. **5V**
2. **GND**
3. TX
4. RX

**Thermal** - Konektor pro připojení až 5 teplotních čidel

1-2 TH-0 - Extruder/tryska 0

3-4 TH-1 - Extruder/tryska 1

5-6 TH-2 - Extruder/tryska 2

7-8 TH-3 - Běžně se nepoužívá, je volný pro speciální použití

9-10 TH-4 - Pro vyhřívanou podložku

Sudé vývody jsou **GND** (2,4,6,8,10), liché pak samotný vstup z teplotního čidla.

**EndStops** - Konektory pro připojení koncových spínačů

1-2-3 X1 - Osa X minimální pozice (Xmin)

1-2-3 X2 - Osa X maximální pozice (Xmax)

1-2-3 X3 - Osa Y minimální pozice (Ymin)

1-2-3 X4 - Osa Y maximální pozice (Ymax)

1-2-3 X5 - Osa Z minimální pozice (Zmin)

1-2-3 X6 - Osa Z maximální pozice (Zmax)

Vývody číslo 1 jsou vždy **+5V**, vývody číslo 2 jsou vždy **GND** a vývody číslo 3 jsou **signál**.

### Firmware:

Z důvodu zcela jiného mapování vývodů než používají běžné desky Ramps, není možné pro desku Ramps-S použít firmware určený pro desky Ramps v1.3-v1.6. Proto jsem připravil nejběžnější firmware a to jak [Repetier](#), tak i velice oblíbený [Marlin](#). Osobně používám pro všechny moje tiskárny firmware Repetier kvůli kompatibilitě s dalšími produkty jako je [Repetier HOST](#), [Repetier Server](#) a [Repetier Informer](#). Všechny tyto nástroje se vzájemně doplňují a provedou Vás od přípravy tisku, přes tisk samotný, až po notifikace do Vašeho chytrého telefonu a stavu tisku. O všem si napíšeme ještě dále.

K dispozici jsou tedy již předkonfigurované verze obou firmwarů. Protože rozumím tomu, že ne každý se orientuje v konfiguraci a následné kompilaci firmware, připravil jsem i varianty již zkompilevaného firmwaru, který stačí nahrát do desky Arduino MEGA. To umožní i naprostým začátečníkům tuto elektroniku zprovoznit. Pro zvědavější nebo pokročilejší jsou k dispozici zdrojové kódy obou firmwarů, které je možno velice snadno upravovat a například doplňovat další funkce. Velice jednoduše je možno konfigurovat firmware Repetier pomocí webového konfiguratoru [www.repetier.com/firmware/v100/](http://www.repetier.com/firmware/v100/).

Jako desku (Motherboard) nastavte RUMBA a všechny další parametry můžete editovat dle libosti. Případně můžete načíst z dodávaného firmware konfigurační soubor **Configuration.h** a jen provést drobné úpravy. Na konci konfigurace je vhodné stáhnout pouze soubor Configuration.h a tím přepsat verzi v dodávaném firmware. Pokud stáhnete kompletní balík firmware, je nutné v něm následně přepsat soubor **ui.h** (platí pro firmware verze 0.92.9, pro verzi 1.0.2 je nutné nahradit následně soubor **DisplayList.h**), jež najdete ve složce Firmware. Pokud by jste tak neučinili nefungoval by Vám žádný displej připojený do konektorů EXP1 a EXP2.

Zároveň dodávaný firmware obsahuje dva soubory:

**Configuration\_GLCD\_.h** - [GLCD](#)

**Configuration\_LCD4x20\_.h** - [LCD2004](#)

Každý z těchto souborů obsahuje konfiguraci pro daný displej. Defaultní konfigurace dodávaného firmware pro desku Ramps-S obsahuje konfiguraci pro [GLCD](#), což je grafický displej. Pokud používáte obyčejný, 4 řádkový displej, můžete použít soubor

**Configuration\_LCD4x20\_.h**, který přejmenujete na **Configuration.h** a nahradíte jím původní soubor ve firmware. Poté stačí firmware jen zkompileovat v [Arduino IDE](#) (doporučuji verzi 1.6.5 nebo 1.6.8) a nahrát do procesorové desky Arduino MEGA.

Pokud nevíte jak, nebo Vám kompilace z nějakého důvodu nejde, jsou ve firmware již připravené zkompileované verze pod označením **GLCD.HEX** nebo **LCD4x20.HEX**. Ty je možno nahrát do Arduino MEGA pomocí programu Xloader, jež je taktéž součástí dokumentace. Postup nahrání firmware popíšu později.

Někteří jsou nyní možná trochu zmatení z různých verzí firmware, obzvláště pak z verzí GLCD a LCD4x20. Jde o to, že sice máme procesorovou desku Arduino MEGA, také máme rozšiřující desku Ramps-S, ale ještě nám chybí jedna důležitá komponenta a tou je ovládací a zobrazovací panel. Pomocí tohoto panelu můžeme tiskárnu nejen ovládat, ale vidíme na jeho displeji provozní informace a současně obsahuje i čtečku SD karet.

### Ovládací panel (displej):

Ramps-S podporuje v podstatě 3 ovládací panely. 2 z nich jsou běžně používány a jde o **RepRapDiscount Smart Controller** a **RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller**. Třetím podporovaným panelem je moje verze OLED Panelu. Pojdme si tedy něco říct o jednotlivých panelech a jejich rozdílech, výhodách a nevýhodách.

**RepRapDiscount Smart Controller (LCD4x20)** – Jedná se o panel osazený alfanumerickým



LCD displejem 2004. Z tohoto označení je patrné, že obsahuje čtyři řádky po 20ti znacích na řádek. Dále je zde čtečka SD karet, otočný volič, kterým se provádí veškeré ovládání a piezo reproduktor. Může být osazeno ještě jedno tlačítko označované většinou jako KILL, které umožní softwarový reset elektroniky. Zde je dobré upozornit na fakt, že toto KILL tlačítko nemůže být použito k okamžitému resetu elektroniky, například v případě, že hrozí nabourání tiskárny. Řídící

elektronika si totiž veškeré příkazy řadí do bufferu a stisk tohoto tlačítka je také odeslán do bufferu, takže se vykoná až po předchozích příkazech, což může trvat klidně několik vteřin. Výhodou tohoto panelu je, že nevyžaduje tolik výpočetních prostředků procesoru, ale na druhou stranu nabízí trochu omezené zobrazení bez složitější grafiky. Nicméně to většinou až tolik nevadí. S deskou Ramps-S se propojuje dvěma 10ti žilovými kablíky do konektorů EXP1 a EXP2.



### RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller (GLCD)



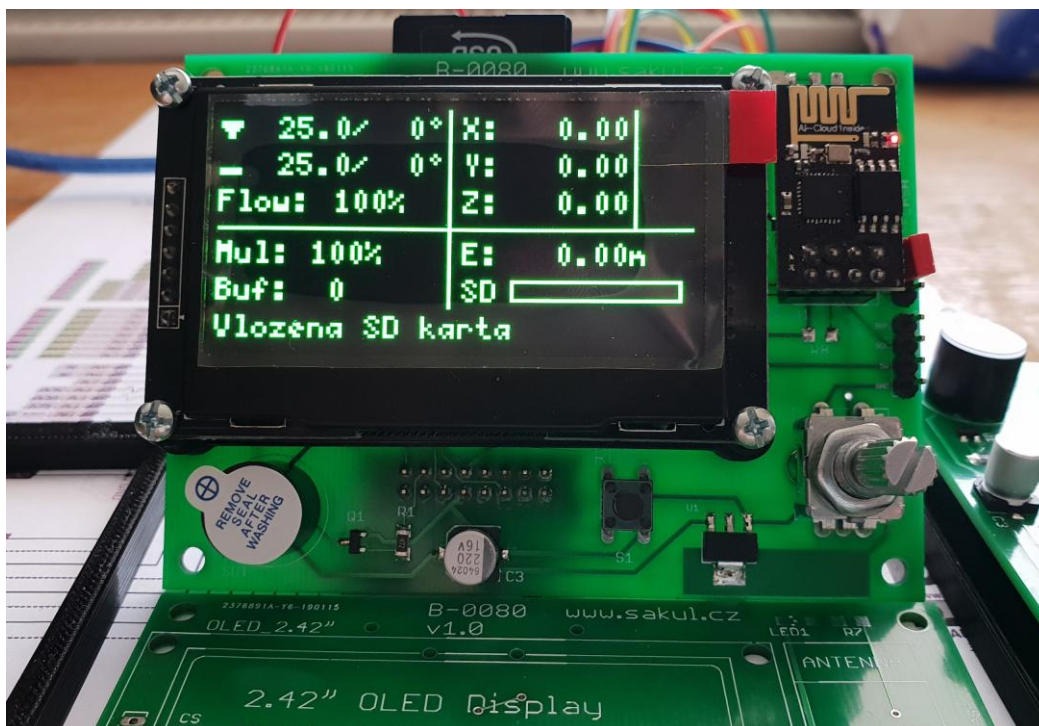
Tento panel již obsahuje grafický displej s rozlišením 128x64 pixelů. To umožňuje zobrazovat složitější grafiku a vejde se na něj více informací. Jedná se asi o nejpoužívanější variantu. Samozřejmě obsahuje také čtečku SD karet, piezo reproduktor a otočný volič. Nechybí ani tlačítko KILL. Stejně jako předchozí varianta panelu se s deskou Ramps-S propojuje dvěma kablíky do konektorů EXP1 a EXP2. Bohužel tato varianta využívá více výpočetních prostředků procesoru a současně díky poměrně rozsáhlé knihovně ([U8glib](#)) zabírá celkem dost Flash paměti mikropočítače. Proto tento panel není možné

použít s mikropočítačem ATMEGA1280, který disponuje pouze 128Kb flash paměti, a mohou ho obsahovat některé procesorové desky Arduino MEGA, případně i některé varianty desek [GT2560](#).

Obě tyto varianty panelů mají ještě někde umístěn malý odporový trimr, kterým se nastavuje kontrast displeje. Takže pokud se na displeji nic nezobrazuje, je dobré zkusit s ním otočit, zda není jen snížen kontrast. Samozřejmě použití některého z těchto ovládacích panelů vyžaduje použití správného firmware v řídicí elektronice. Tyto dva ovládací panely nejsou jediné a na trhu je nespočet dalších ovládacích panelů. Některé mohou být i kompatibilní s těmito popsanými, ale většinou bude nutné upravit pro konkrétní panel firmware. Tyto panely jsem popsal, protože přímo pro ně a desku Ramps-S je k dispozici firmware (viz. odstavec Firmware).

Zcela samostatně se nyní budu věnovat třetí variantě ovládacího panelu, kterou jsem si navrhl jako doplněk pro mé tiskárny.

# Sakul OLED panel v1.1



Tento panel vznikl prakticky náhodou. Vůbec jsem nepočítal s tím, že bych nějaký ovládací panel kdy navrhl. Ovšem na mém [fóru](#) jeden uživatel zveřejnil svoji verzi ovládacího panelu s OLED displejem. Mě to celkem zaujalo, takže jsem se nakonec rozhodl navrhnout také [svoji](#) vlastní verzi panelu používajícího OLED displej.

## Základní parametry:

Použitý displej OLED 2,42“ (doporučeno DM DIY More – [diymore.cc](#)).

Komunikace s displejem přes I2C sběrnici.

Barevné provedení displeje: zelený, bílý, modrý, žlutý.

Ovládací prvky: otočný volič + tlačítko Reset.

Čtečka pro SD karty: možno pro klasickou SD nebo microSD kartu.

Zvuková signalizace: piezo reproduktor.

Rozhraní pro připojení: 16ti pinovým plochým kabelem.

Další konektivita: WIFI pomocí modulu ESP-01 s minimálně 1MB paměti.

## Popis zařízení:

Hlavní komponentou tohoto ovládacího panelu je OLED displej o velikosti 2,42 palce. Tento displej je možno pořídit v různých barvách, takže si jistě každý vybere tu, která mu nejlépe vyhovuje. Já jsem v prototypu použil zelenou variantu, ale v současnosti provozuji variantu modrou, která se mi líbí asi nejvíce. Bohužel před použitím displeje v tomto panelu je nutné ho upravit. Defaultně je totiž dodáván přepnutý do režimu SPI. My budeme potřebovat ho přepnout do režimu I2C. To jak to udělat si povíme dále. Nespornou výhodou tohoto displeje je výborná čitelnost včetně velkých pozorovacích úhlů.

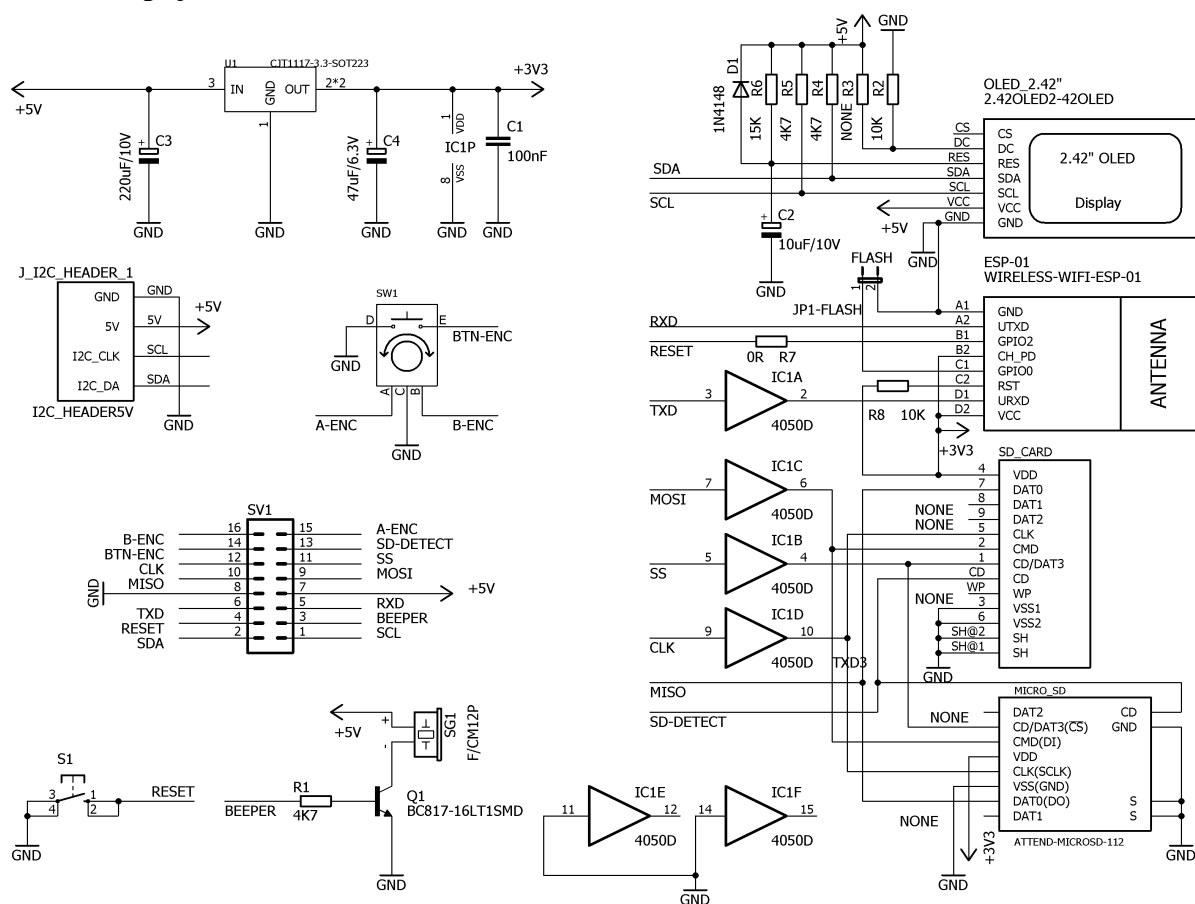
Ovládání bylo zachováno jako u běžných panelů pomocí otočného voliče. Upraveno bylo použití tlačítka Reset. Na tomto panelu je toto tlačítko propojeno s resetem procesoru a lze ho

tak použit jako panické tlačítko k okamžitému zastavení tiskárny. Zachována byla i zvuková signalizace pomocí piezo reproduktorku.

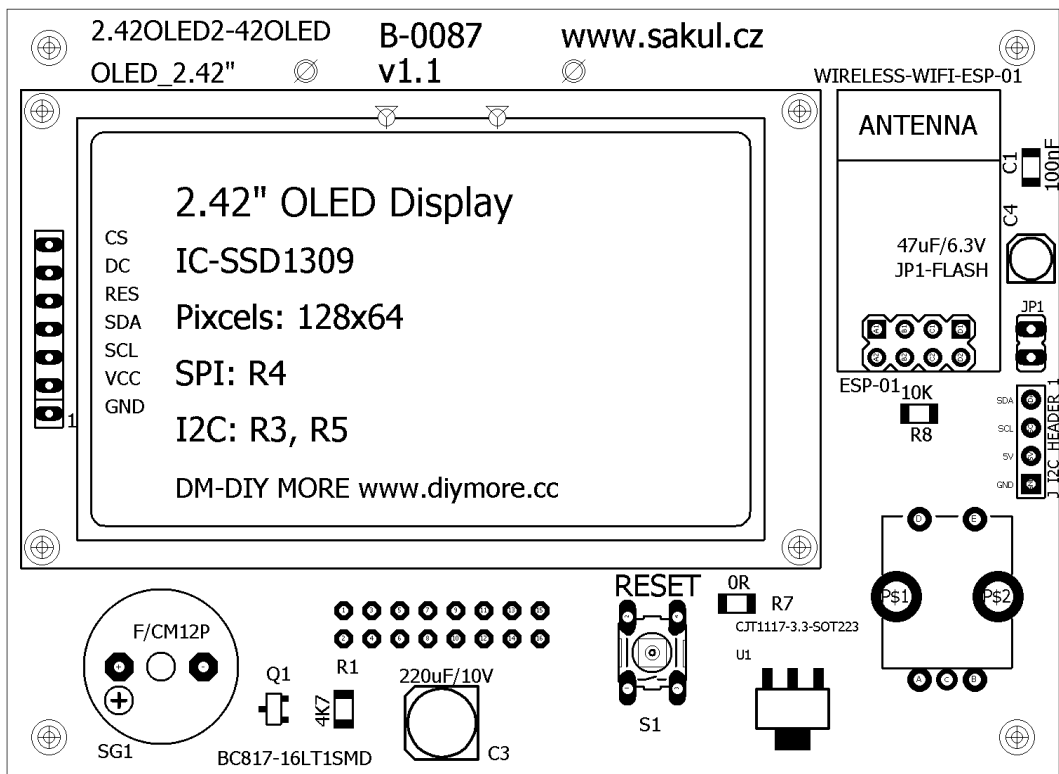
Oproti běžným panelům byla přesunuta čtečka SD karet. Běžné panely ji totiž mají vyvedenu do boku, což mi na mých tiskárnách vadilo, protože mám většinou vedle ovládacího panelu namontovány další komponenty, jako například držák filamentu nebo tiskový server. Proto jsem zde umístil čtečku SD karet, aby směřovala nahoru, kde většinou ničemu nevádí. Taktéž je na desce myšleno na 2 varianty slotu a to jak pro běžnou SD kartu, tak i pro microSD kartu. Každý si tak může osadit variantu, která mu vyhovuje.

A aby měl tento panel i nějaký další přínos oproti běžným panelům, přidal jsem i možnost osadit bezdrátový WIFI modul ESP-01. Tím se rozšíří možnosti ovládání tiskárny přes webové rozhraní a je tak možno monitorovat a ovládat tiskárnu i na dálku.

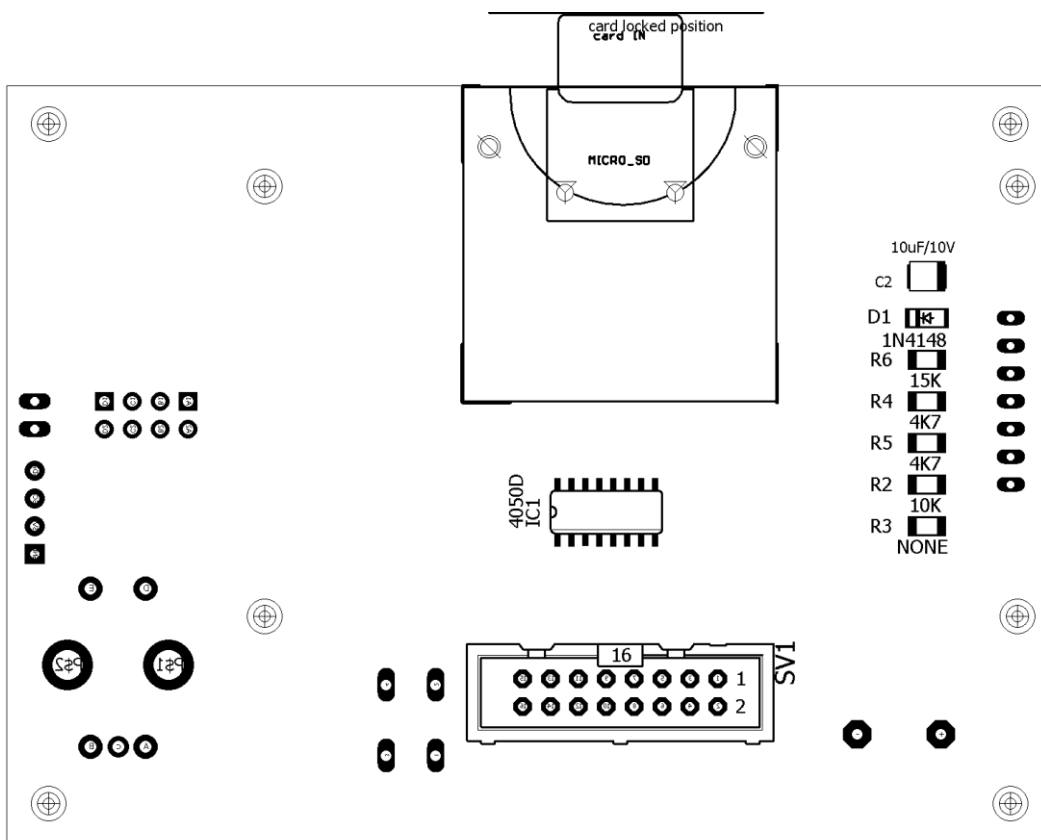
## Schéma zapojení:



### Schéma osazení:



### Osazení Top vrstvy Sakul OLED panelu



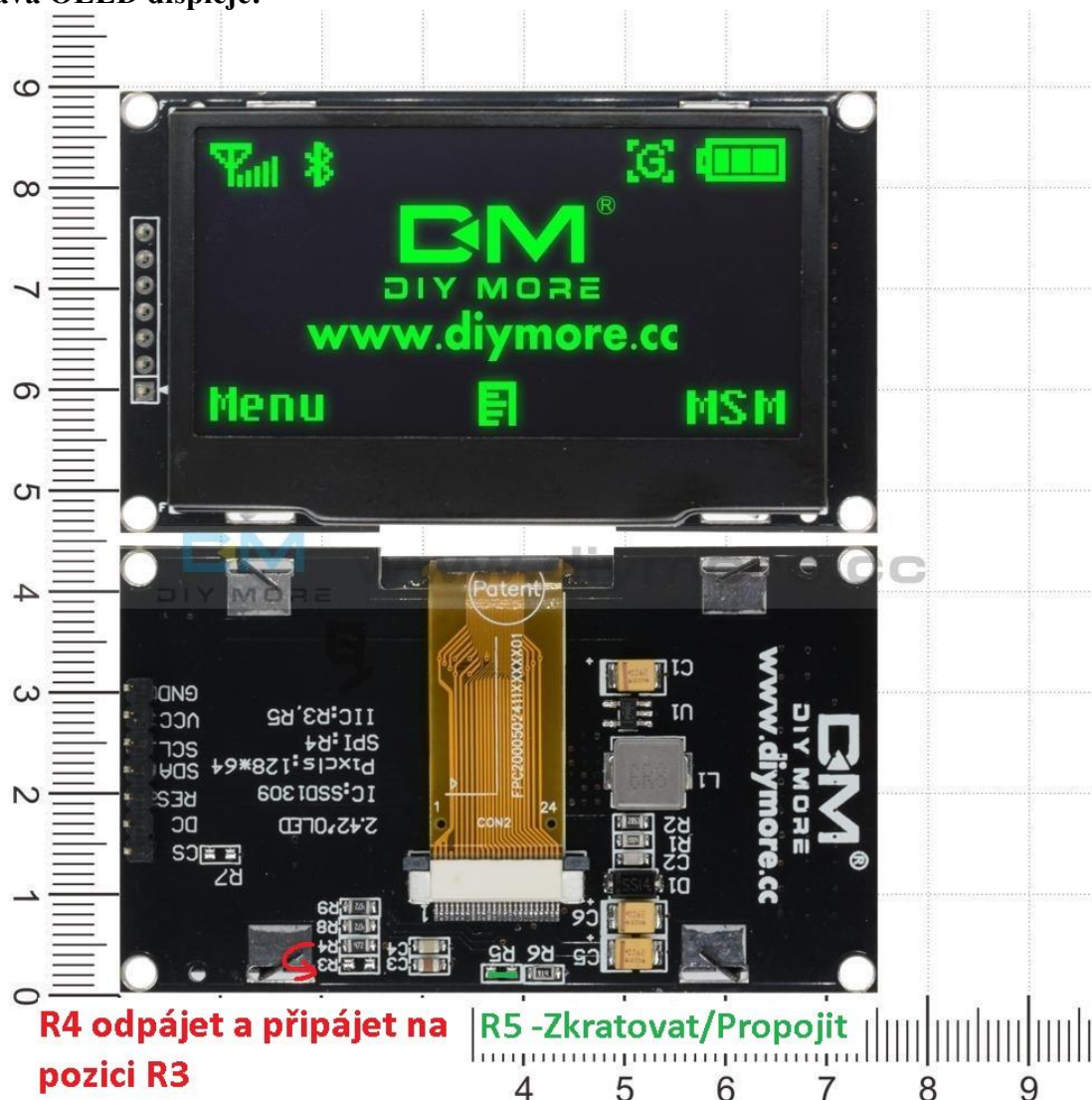
### Osazení Bottom vrstvy Sakul OLED panelu

### Postup osazení:

Při osazování postupujeme jako obvykle od nejmenších součástek k největším. Panel naštěstí obsahuje jen minimum součástek, takže s osazením by neměl nastat problém. Nicméně součástky jsou osazeny z obou stran desky, takže je vhodné osadit nejprve stranu Bottom, kde osadíme všechny SMD součástky. Následně osadíme i SMD součástky na vrstvě Top. Poté už je to v podstatě jedno. Pro modul ESP-01 osadíme dvojitou dutinkovou lištu jako patici, aby bylo možné ho do panelu v případě potřeby snadno vložit. Pro displej použijeme také dutinkovou lištu a na PCB přišroubujeme plastový držák, do kterého následně připevníme displej (nejprve je však potřeba ho upravit). Podle potřeby zapájíme jeden z podporovaných slotů pro SD kartu.

Rezistory **R3** a **R7** se neosazují.

### Úprava OLED displeje:



Jak už jsem se zmínil, je nutné přepnout displej z SPI rozhraní na I2C. To provedeme tak, že na pozici rezistoru **R5** osadíme rezistor s nulovým odporem (tedy v podstatě propojku) a rezistor **R4** přesuneme na pozici rezistoru **R3**. Přesně jak je to naznačeno na obrázku. Poté je možno displej osadit do panelu.



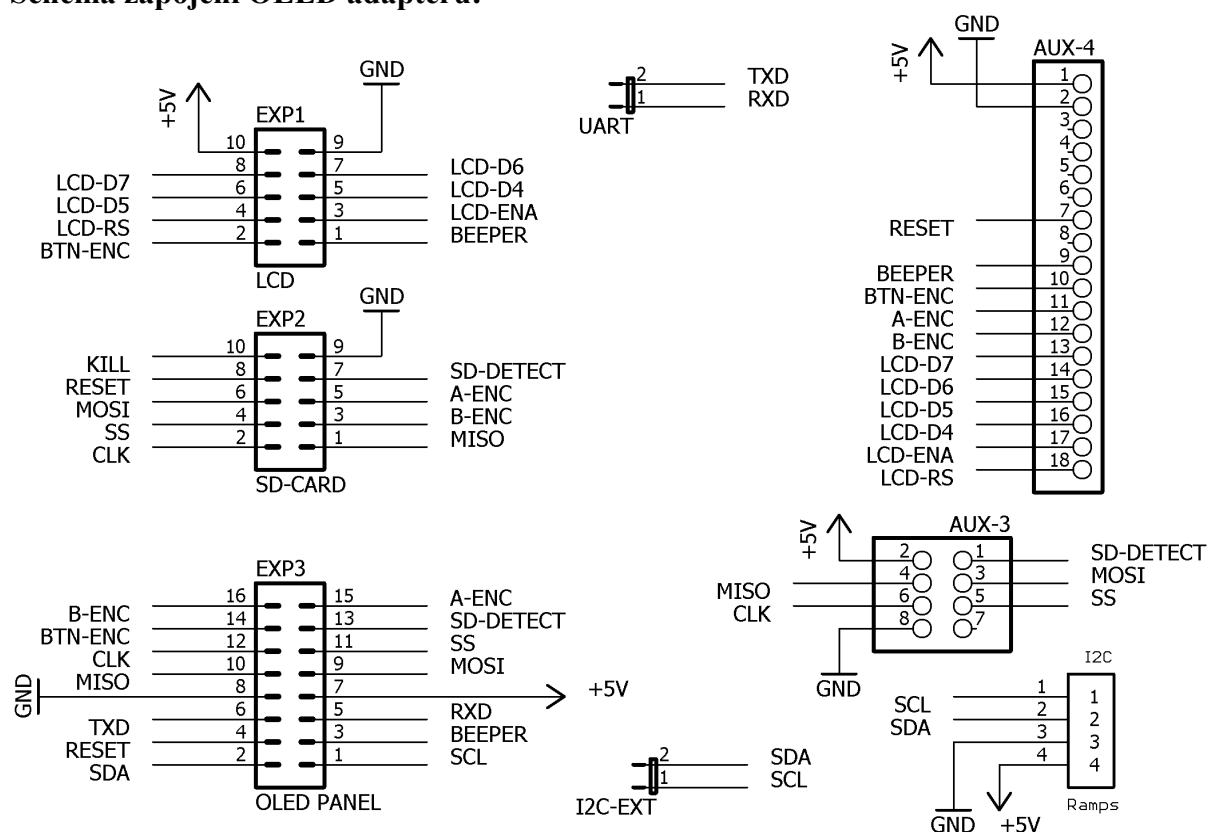
## WIFI modul ESP-01:

Před tím než je možno tento modul použít v ovládacím panelu, je třeba do něho nahrát firmware a webové uživatelské rozhraní. Toto si popíšeme podrobně později.

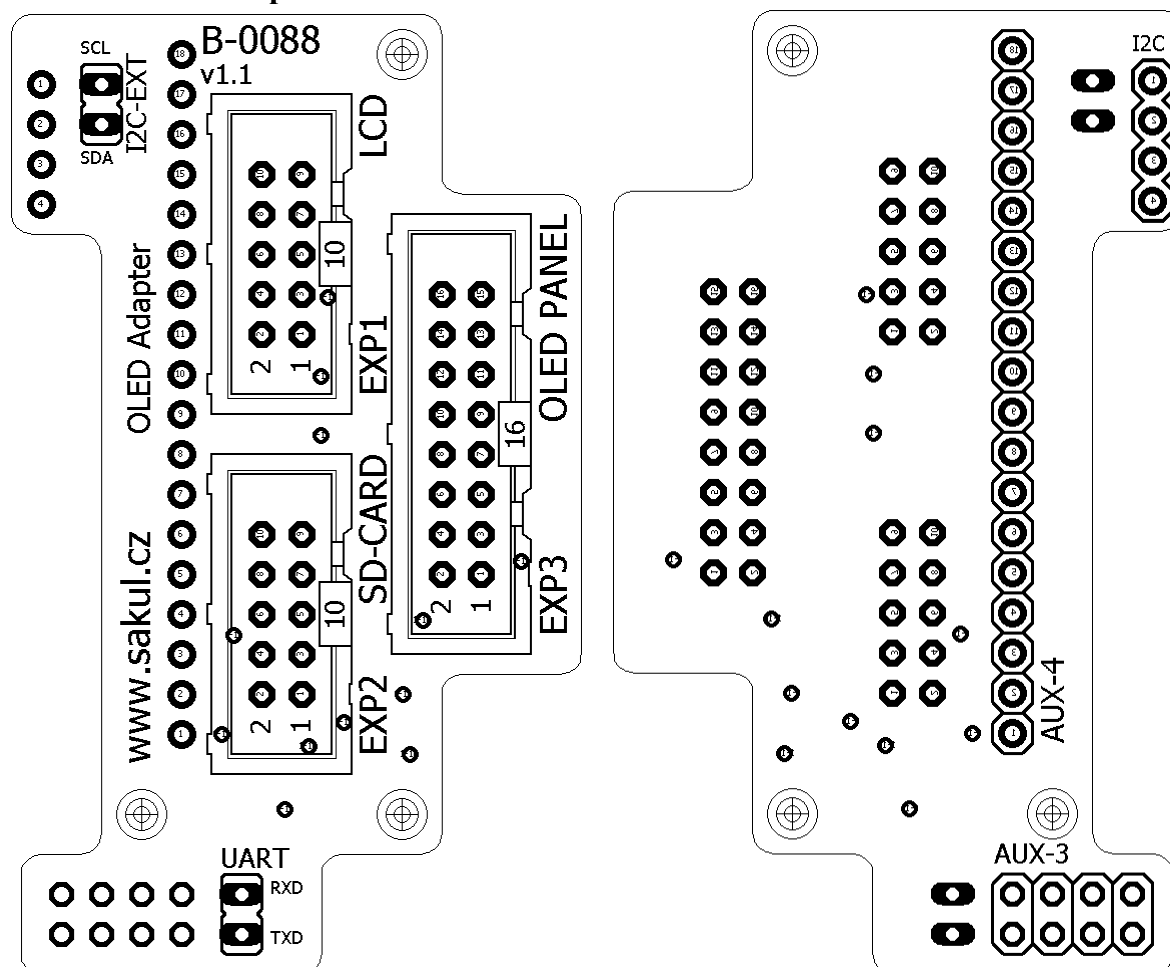
## OLED Adaptér:

Aby bylo možné použít tuto moji verzi panelu i pro ostatní elektroniky, jako například Ramps 1.3-1.6 nebo i jiné vybavené konektory pro běžné ovládací panely, navrhl jsem ještě adaptér, který umožňuje snadné propojení. Tento adaptér je potřeba i pro propojení s deskou Ramps-S. V podstatě jde o malou PCB, na které jsou osazeny konektory pro běžné displeje, tedy 2x 10ti pinový na plochý kabel EXP1 a EXP2. Dále konektor pro OLED panel s 16ti piny a nějaké další konektory, které si popíšeme následně.

## Schéma zapojení OLED adaptéru:



## Osazení OLED adaptéru:



Osazení vrstvy Top a Bottom OLED adaptéru.

Protože se jedná o poměrně univerzální adaptér lze k osazení přistupovat podle zamýšleného použití. Primárně byl tento adaptér navržen pro desku Ramps v1.4, místo původního adaptéru dodávaného s běžnými ovládacími panely. Proto si nyní popíšeme, co a jak se osazuje pro různá použití:

1. **Použití s Ramps v1.3-1.6 a běžným ovládacím panelem** – Při této variantě jde o klasickou náhradu původního adaptéru, takže stačí osadit pouze konektory EXP1, EXP2, AUX3 a AUX4.
2. **Použití s Ramps v1.3-1.6 a Sakul OLED panelem** – Při této variantě se osazují následující komponenty: EXP3, I2C, AUX3 a AUX4. Pokud budeme chtít využívat i WIFI modul na ovládacím panelu je třeba osadit i konektor označený UART. A protože tento konektor není po spojení tohoto adaptéru s deskou Ramps nikam propojen je nutné ještě dvěma kablíky ho propojit s UART portem na desce Ramps.
3. **Použití s Ramps-S a Sakul OLED panelem** – Zde jsou k dispozici 2 možnosti. Buď budeme chtít tento adaptér zasunout přímo do desky Ramps-S a v takovém případě musíme místo konektorů EXP1 a EXP2 připájet dvojřadou dutinkovou lištu na stranu Bottom. Dále osadíme EXP3, I2C EXT a UART. Konektor I2C EXT propojíme s konektorem I2C Interface na desce Ramps-S kablíkem a stejně tak propojíme i kablíkem konektor UART s konektorem Bluetooth na desce Ramps-S (pokud tedy chceme používat WIFI modul ESP-01). Zde je nutno upozornit na fakt, že je ještě třeba na desce Ramps-S odstranit rezistor **R35**. Druhou možností je osadit i konektory

EXP1 a EXP2 a vše propojit s deskou Ramps-S pomocí kabelů. To je vhodné v případě, že chcete ještě do desky Ramps-S připojit některý rozšiřující modul.

## Ramps-S - rozšiřující moduly



Moduly Extend pro desku Ramps-S slouží k rozšíření o další funkce, které se již na desku Ramps-S nevešly. Nicméně moduly Extend je možno použít i s jinou elektronikou (Ramps v1.3-1.6 a jiné), přičemž jedinou podmínkou je, aby daná elektronika měla vyvedeny nepoužité piny procesoru do nějakého konektoru, kam je možno napojit daný modul Extend. Samozřejmě nejjednodušší propojení je právě s deskou Ramps-S v1.1 a novější, pro kterou jsou tyto moduly primárně konstruovány.

### Ramps-S EXTEND

#### Technické specifikace:

Napájecí napětí:	12-24V
Způsob napájení:	Externí přes X5 nebo interní přes SV1
Odběr proudu z SV1:	1A max při 12-24V
Odběr proudu z X5:	až 4A přičemž na kanál max 1A při 12-24V
Počet výkonových kanálů:	4 (hardware podpora PWM)
Počet logických kanálů:	6 (analogové nebo digitální)
Počet komunikačních rozhraní:	1 UART3 (možno připojit Bluetooth HC-05/06 nebo RF433,92MHz HC-11/12)

#### Popis modulu:

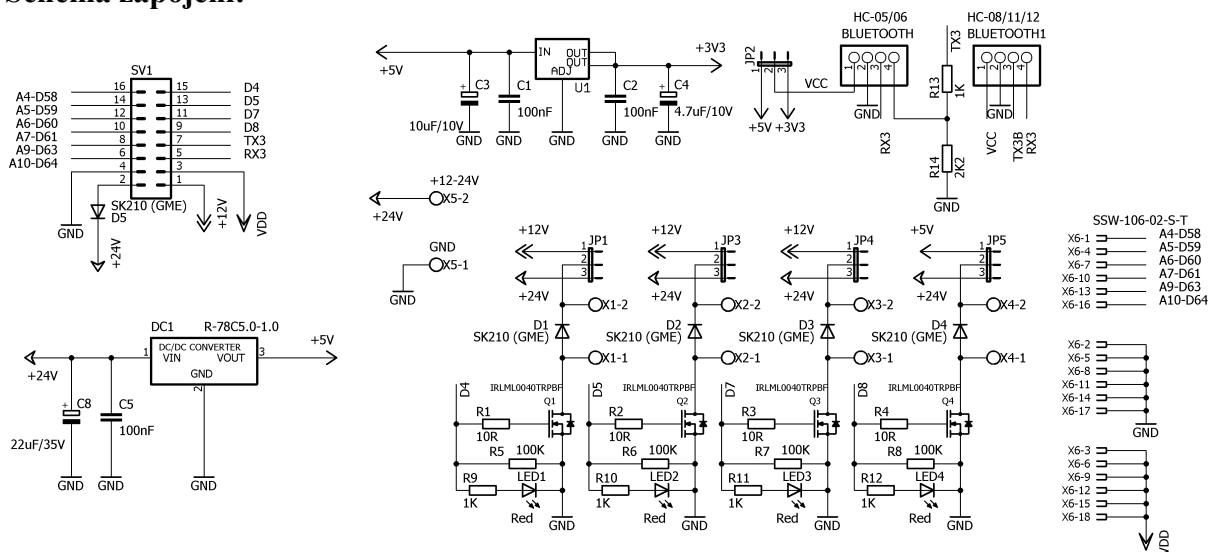
Modul je zhotoven na malé desce plošného spoje a obsahuje jeden hlavní připojovací konektor SV1, kterým se propojí s řídicí elektronikou ideálně Ramps-S v1.1 (nebo novější). Přes tento konektor jsou přenášeny všechny signály včetně napájení jednotlivými napětími. Zde je nutné upozornit na fakt, že pokud je modul Extend připojen na napájení pouze přes konektor SV1 je omezen jeho výstupní proud do jednotlivých výkonových kanálů na proud max 1A (tedy 250mA na jeden kanál). To ve většině případů vyhoví, neb se jednotlivé kanály používají většinou pro ovládání pomocných ventilátorů, osvětlení a podobně. Pokud však potřebujeme proud větší (až 1A na kanál), je nutné připojit externí napájení přes svorku X5. Každý výkonový kanál má pak svůj výstup vyveden na šroubovací svorky X1-X4. Taktéž je možno na každém kanálu nastavit individuální výstupní napětí 12V nebo 24V (5V), toto však platí pouze, pokud je řídicí deska (Ramps-S) napájena napětím 24V. Při napájení 12V bude

výstupní napětí taktéž pouze 12V bez ohledu na navolbu napětí. Možná se to může zdát trochu matoucí, ale po prostudování schématu modulu Extend a Ramps-S bude vše jasné. Kanál 4 (X4) má možnost místo napětí 12V navolit 5V z interního stabilizátoru DC1. To je vhodné například pro napájení slabších Laserů na 5V.

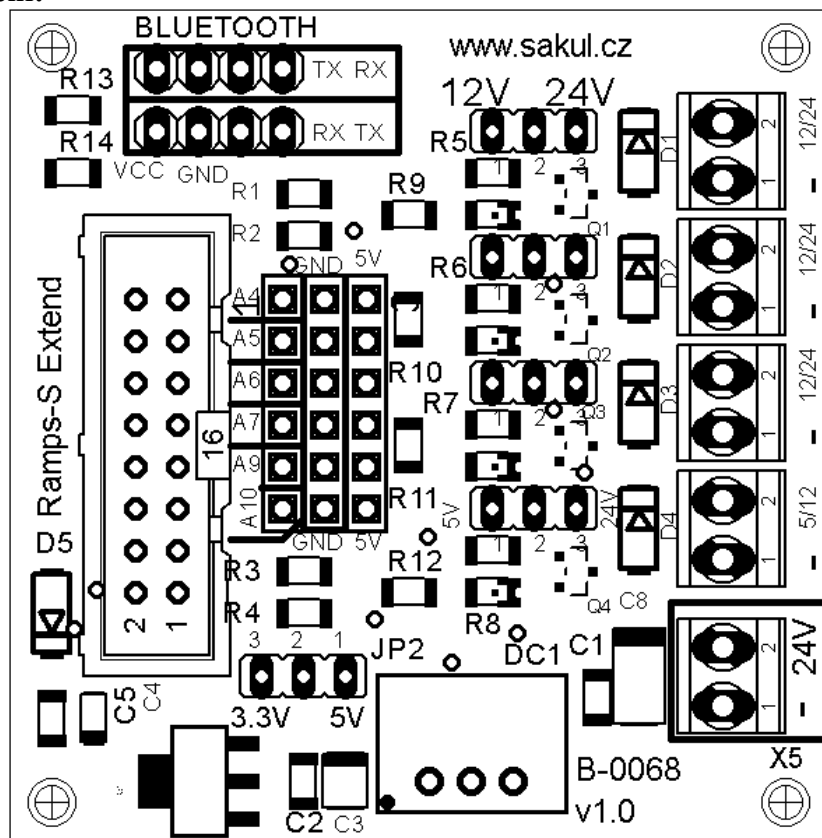
Kromě integrovaného stabilizátoru DC1 je integrován i stabilizátor U1 na 3,3V. Toto napětí se běžně nepoužívá a tak stabilizátor není ani někdy osazen. Nicméně jeho osazení umožňuje připojit do konektoru BLUETOOTH1 například WIFI modul (ESP8266 ESP-01), pokud na JP2 navolíme propojkou napájení 3,3V. Některé tyto moduly však vyžadují odstranění rezistoru R14, aby správně pracovaly.

Při připojování modulů HC-05/06 do konektoru BLUETOOTH nebo HC-11/12 do konektoru BLUETOOTH1 problém není. Samozřejmě, aby tyto moduly pracovaly správně je nutné je naprogramovat, a taktéž pro jejich použití musí být upraven firmware tiskárny.

## Schéma zapojení:



## Schéma osazení:



## Význam zapojení jednotlivých konektorů:

**SV1** - Konektor pro připojení k Ramps-S. Zapojení pinů je následující:

1. **12V** (pozor může se lišit podle konfigurace JP13 na Ramps-S)
2. **24V** (záleží na napájecím napětí desky Ramps-S)
3. **5V** (max odběr proudu z tohoto vývodu je 50mA, případně krátkodobě 100mA)
4. **GND**
5. D15 (Připojení Bluetooth, RXD 3)
6. **A10/D64** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
7. D14 (Připojení Bluetooth, TXD 3)
8. **A9/D63** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
9. D8 (Výstup na X4 s podporou PWM, například Laser)
10. **A7/D61** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
11. D7 (Výstup na X3 s podporou PWM, například ventilátor)
12. **A6/D60** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
13. D5 (Výstup na X2 s podporou PWM, například ventilátor driverů)
14. **A5/D59** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)
15. D4 (Výstup na X1 s podporou PWM, například osvětlení)
16. **A4/D58** (Port procesoru s možností analogového vstupu nebo digitálního I/O)

**X5** - Svorka pro připojení externího napájení 12-24V

5-1 **GND**

5-2 **+12-24V**

**X1-X4** - Výstupní svorky výkonových kanálů (max 1A na kanál při napájení z X5)

1 **GND** (spínané)



2	<b>+12-24V</b> (dle navolby jumperem JP1, 3, 4 a 5)
<b>JP2</b>	- Volba napájení Bluetooth modulu (3,3V nebo 5V)
1/2	5V
2/3	3,3V
<b>JP1</b>	- Navolba napětí pro výstup X1
1/2	12V
2/3	24V
<b>JP3</b>	- Navolba napětí pro výstup X2
1/2	12V
2/3	24V
<b>JP4</b>	- Navolba napětí pro výstup X3
1/2	12V
2/3	24V
<b>JP1</b>	- Navolba napětí pro výstup X4
1/2	5V
2/3	24V
<b>X6</b>	- Vývod nepoužitých pinů (pro další případné použití)
6-1	A4/D58
6-4	A5/D59
6-7	A6/D60
6-10	A7/D61
6-13	A9/D63
6-16	A10/D64
6-2	GND
6-5	GND
6-8	GND
6-11	GND
6-14	GND
6-17	GND
6-3	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
6-6	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
6-9	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
6-12	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
6-15	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
6-18	<b>VDD</b> (5V z desky Ramps-S, max 50mA na celou lištu)
<b>Bluetooth</b>	- Připojení Bluetooth modulu HC-05/06
1	<b>3,3V/5V</b> (dle navolby JP2)
2	GND
3	TX (HC modulu)
4	RX (HC modulu)

<b>Bluetooth1</b>	- Připojení RF modulu HC-11/12
1	3,3V/5V (dle navolby JP2)
2	GND
3	RX (HC modulu)
4	TX (HC modulu)

## Ramps-S EXTEND MINI

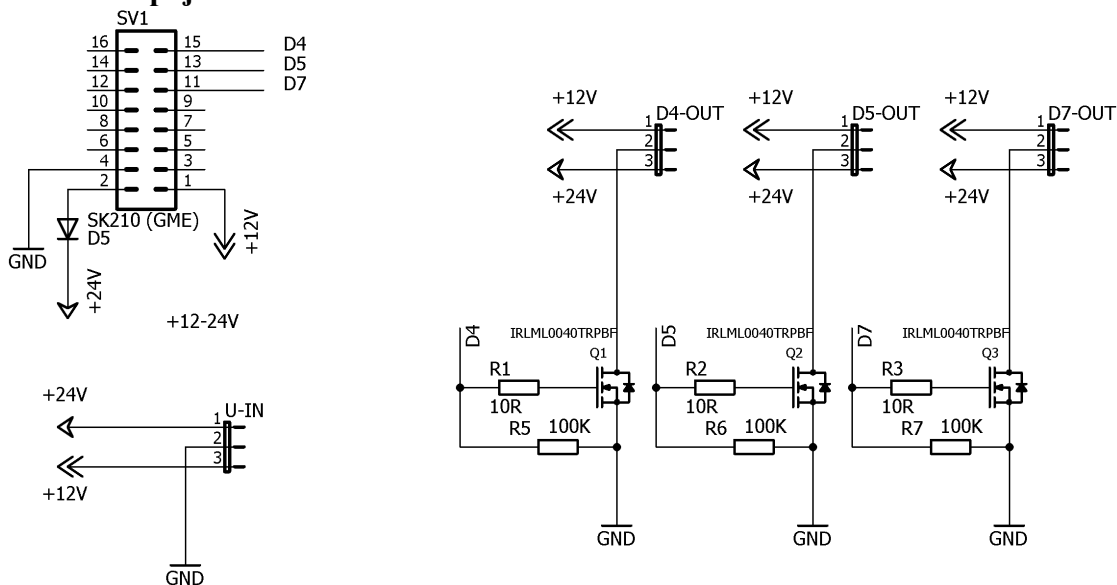
### Technické parametry:

Napájecí napětí:	12-24V
Způsob napájení:	Externí přes U-IN nebo interní přes SV1
Odběr proudu z SV1:	1A max při 12-24V
Odběr proudu z U-IN:	až 3A přičemž na kanál max 1A při 12-24V
Počet výkonových kanálů:	3 (hardware podpora PWM)

### Popis modulu:

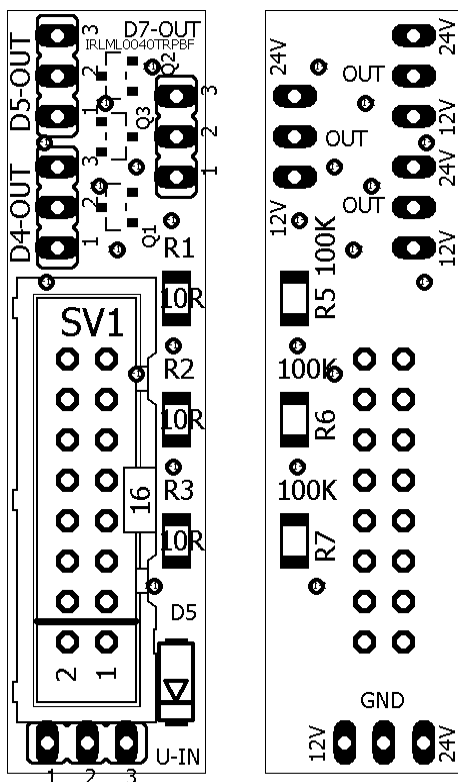
Tento miniaturní modul byl navržen z důvodu, že většinou není potřeba až tolik dalších výstupů a proto jsou zde pouze 3 výstupy. Současně je možno tento modul přímo zasunout do konektoru EXTEND na desce Ramps-S, což šetří místo. Obsahuje pouze pár součástek a konektorů pro připojení spínaných periférií. Ovládat je možno připojené zařízení jako jsou ventilátory nebo osvětlení, přičemž výstupní napětí může být 12/24V. Napětí však závisí na tom jak je nakonfigurována deska Ramps-S. Veškeré součástky, které nejsou vysloveně nutné, zde nebyly použity, aby se ušetřilo maximum místa a tento modul mohl výt co nejmenší.

### Schéma zapojení:



*Schéma zapojení modulu Ramps-S EXTEND MINI*

## Schéma osazení:



*Schéma osazení modulu Ramps-S EXTEND MINI (vlevo strana TOP a vpravo pak strana BOTTOM)*

## Postup osazení:

Při osazování postupujeme jako vždy od nejmenších součástek. Jako první doporučuji osadit tranzistory, následně rezistory, diodu a na konec konektory. Pokud budete chtít tento modul přímo zasunout do desky Ramps-S, tak se místo konektoru SV1 osadí dvouřadá dutinková lišta ze strany Bottom.

## Význam zapojení jednotlivých konektorů:

**SV1** - Vstupní konektor (z Ramps-S)

1. **+12V** (pozor může se lišit podle konfigurace JP13 na Ramps-S)
2. **+24V** (záleží na napájecím napětí desky Ramps-S)
3. Nezapojeno
4. **GND**
5. Nezapojeno
6. Nezapojeno
7. Nezapojeno
8. Nezapojeno
9. Nezapojeno
10. Nezapojeno
11. D7 (Výstup na D7-OUT s podporou PWM, například ventilátor)
12. Nezapojeno
13. D5 (Výstup na D5-OUT s podporou PWM, například ventilátor pro drivery)
14. Nezapojeno
15. D4 (Výstup na D4-OUT s podporou PWM, například osvětlení)
16. Nezapojeno

**U-IN** - Vstup externího napájení

1. **+24V**
2. **GND**
3. **+12V**

**D4-OUT** - Výkonový výstup pro osvětlení

1. **+12V**
2. **GND** (spínaný GND, vždy proti pinu 1/**12V** nebo 3/**24V**)
3. **+24V**

**D5-OUT** - Výkonový výstup pro ventilátor driverů

1. **+12V**
2. **GND** (spínaný GND, vždy proti pinu 1/**12V** nebo 3/**24V**)
3. **+24V**

**D7-OUT** - Volný výkonový výstup

1. **+12V**
2. **GND** (spínaný GND, vždy proti pinu 1/**12V** nebo 3/**24V**)
3. **+24V**

Seznamy použitých součástek pro jednotlivé moduly:

#### **Seznam komponent Ramps-S v1.2:**

BLUETOOTH	MA04-1	
C1	2x	100nF
C2	8x	100uF/35V
C3		100uF/35V
C4		100uF/35V
C5		100uF/35V
C6		100uF/35V
C7		100uF/35V
C8		100uF/35V
C9		10uF/16V
C10	5x	10uF/25V
C11		10uF/25V
C12		10uF/25V
C13		10uF/25V
C14		10uF/25V
C15		100uF/35V
C16		100nF
D1		Yellow
D2		Green
D3	4x	Red
D4		Red
D5		Red
D6		Red
D7		
D8		

C-EUC1206
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EU153CLV-0605
CPOL-EUSMCB
CPOL-EUSANYO_SMD_A5
CPOL-EUSANYO_SMD_A5
CPOL-EUSANYO_SMD_A5
CPOL-EUSANYO_SMD_A5
CPOL-EU153CLV-0605
C-EUC1206
LED1206
LED1206
LED1206
LED1206
LED1206
DIODE-SMB
DIODE-SMB

DC1		R-78C12-1.0	R-78C12-1.0
EXP1		ML10	
EXP2		ML10	
EXTEND		ML16	
F1		15A/10A	AUTO-MALASL-1538
F2		7,5A/ 5A	AUTO-MALASL-1538
JP1	6x	PINHD-2X3	
JP2		PINHD-2X3	
JP3		PINHD-2X3	
JP4		PINHD-2X3	
JP5		PINHD-2X3	
JP6		PINHD-2X3	
JP7		PINHD-2X4	
JP8		PINHD-2X4	
JP9		PINHD-2X4	
JP10		PINHD-2X4	
JP11		PINHD-2X4	
JP12	6x	PINHD-2X4	
JP13	3x	JP2E	
JP14		JP2E	
JP15		JP4E	
JP16		JP4E	
JP17		JP4E	
JP18	3x	JP2E	
JP19		JP1E	
JP20		JP1E	
JP21		JP1E	
Q1		IRLB3034	IRF3704L-V
Q2		AOD240	STD12NF06T4
Q3		AOD240	STD12NF06T4
Q4		AOD240	STD12NF06T4
R1	10x	100K	R-EU_R1206
R2	8x	10K	R-EU_R1206
R3		100K	R-EU_R1206
R4		10K	R-EU_R1206
R5		100K	R-EU_R1206
R6		10K	R-EU_R1206
R7		100K	R-EU_R1206
R8		10K	R-EU_R1206
R9		100K	R-EU_R1206
R10		10K	R-EU_R1206
R11		100K	R-EU_R1206
R12		10K	R-EU_R1206
R13	7x	1K	R-EU_R1206
R14	5x	4K7	R-EU_R1206
R15		4K7	R-EU_R1206
R16		4K7	R-EU_R1206
R17		4K7	R-EU_R1206
R18		4K7	R-EU_R1206
R19		1K	R-EU_R1206



R20		10K	R-EU_R1206
R21		10K	R-EU_R1206
R22	4x	10R	R-EU_R1206
R23		100K	R-EU_R1206
R24		1K	R-EU_R1206
R25		100K	R-EU_R1206
R26		10R	R-EU_R1206
R27		1K	R-EU_R1206
R28		10R	R-EU_R1206
R29		100K	R-EU_R1206
R30		1K	R-EU_R1206
R31		10R	R-EU_R1206
R32		100K	R-EU_R1206
R33		1K	R-EU_R1206
R34		1K	R-EU_R1206
R35		2K2	R-EU_R1206
S1		31-XX	
THERMAL		MA05-2	
U\$1		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U\$2		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U\$3		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U\$4		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U\$5		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U\$6		A4983CARRIER	A4983CARRIER
U1		ARDUINO_MEGA_SHIELD	ARDUINO_MEGA_
X1		X-MIN	SSW-101-02-S-T
X2		X-MAX	SSW-101-02-S-T
X3		Y-MIN	SSW-101-02-S-T
X4		Y-MAX	SSW-101-02-S-T
X5		Z-MIN	SSW-101-02-S-T
X6		Z-MAX	SSW-101-02-S-T
X7		SERVO-0	SSW-101-02-S-T
X8		SERVO-1	SSW-101-02-S-T
X9		SERVO-2	SSW-101-02-S-T
X10		SERVO-3	SSW-101-02-S-T
X11		AK500/2	
X12		AK500/2	
X13		AK500/2	
X14		AK500/2	
X15		AK500/4	

#### Seznam komponent modulu Extend:

BLUETOOTH	PINHD-1X4		
BLUETOOTH1	PINHD-1X4		
C1	100nF	C-EUC1206	
C2	100nF	C-EUC1206	(Nepoužívá se)
C3	10uF/10V	CPOL-EUSMCB	
C4	4.7uF/10V	CPOL-EUSMCA	(Nepoužívá se)
C5	100nF	C-EUC1206	
C8	22uF/35V	CPOL-EUSMCC	

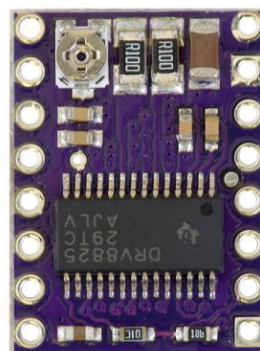
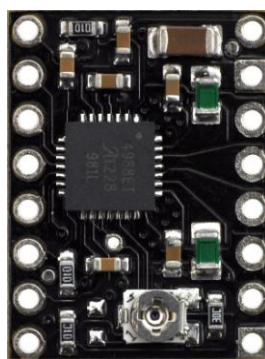
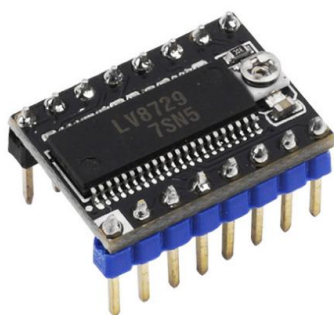
D1	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA
D2	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA
D3	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA
D4	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA
D5	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA
DC1	R-78C5.0-1.0	R-78C5.0-1.0
JP1	JP2E	
JP2	JP2E	
JP3	JP2E	
JP4	JP2E	
JP5	JP2E	
LED1	Red	LEDCHIPLED_1206
LED2	Red	LEDCHIPLED_1206
LED3	Red	LEDCHIPLED_1206
LED4	Red	LEDCHIPLED_1206
Q1	IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH (SOT-23)
Q2	IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH (SOT-23)
Q3	IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH (SOT-23)
Q4	IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH (SOT-23)
R1	10R	R-EU_R1206
R2	10R	R-EU_R1206
R3	10R	R-EU_R1206
R4	10R	R-EU_R1206
R5	100K	R-EU_R1206
R6	100K	R-EU_R1206
R7	100K	R-EU_R1206
R8	100K	R-EU_R1206
R9	1K	R-EU_R1206
R10	1K	R-EU_R1206
R11	1K	R-EU_R1206
R12	1K	R-EU_R1206
R13	1K	R-EU_R1206
R14	2K2	R-EU_R1206
SV1	ML16	
U1	LM1117SOT223	(Nepoužívá se)
X1	AK550/2	
X2	AK550/2	
X3	AK550/2	
X4	AK550/2	
X5	AK550/2	
X6	SSW-106-02-S-T	SSW-106-02-S-T

#### Seznam komponent modulu Extend MINI:

D4-OUT	JP2E	JP2
D5	SK210 (GME)	DIODE-DO214AA DO214AA
D5-OUT	JP2E	JP2
D7-OUT	JP2E	JP2
Q1	3x IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH
Q2	IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH

Q3		IRLML0040TRPBF	SMD-MOSFET-N-CH	
R1	3x	10R	R-EU_R1206	R1206
R2		10R	R-EU_R1206	R1206
R3		10R	R-EU_R1206	R1206
R5	3x	100K	R-EU_R1206	R1206
R6		100K	R-EU_R1206	R1206
R7		100K	R-EU_R1206	R1206
SV1		ML16	ML16	
U-IN		JP2E	JP2	

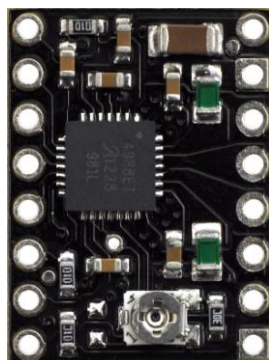
## Drivery krokových motorů



Tímto jsme si popsaly většinu elektronických komponent nutných pro řízení 3D tiskárny. V tuto chvíli nám zbývá se zmínit o neméně důležité komponentě a tou jsou drivery krokových motorů, které se zasouvají do připravených patič na desce Ramps-S. Těchto driverů je velké množství a je tak možno si vybrat. Já používám vesměs drivery založené na čipu [A4988](#), ale je možno použít například drivery s čipem [DRV8825](#) nebo [LV8729](#) a mnoho dalších.

Většinou se tyto drivery prodávají jako již hotový modul s malým chladičem. Tento chladič je potřeba přilepit na čip, kvůli jeho chlazení. Při lepení chladiče je potřeba si dát pozor, aby se chladič nedotýkal okolních součástek a nezpůsobil tak zkrat. Protože drivery jsou vcelku důležitou součástí 3D tiskárny, povíme si nyní o výše jmenovaných trochu více.

### A4988:



Tento driver je vcelku oblíbený a časem prověřený. Pracuje se vstupním výkonovým napětím v rozsahu 8-35V a dokáže do motoru dodat proud až 2A. Při proudech nad 1A je již nutné osadit malý chladič na čip a pokud pracuje na horní hranici proudového zatížení, bývá vhodné ho ještě chladit ventilátorem.

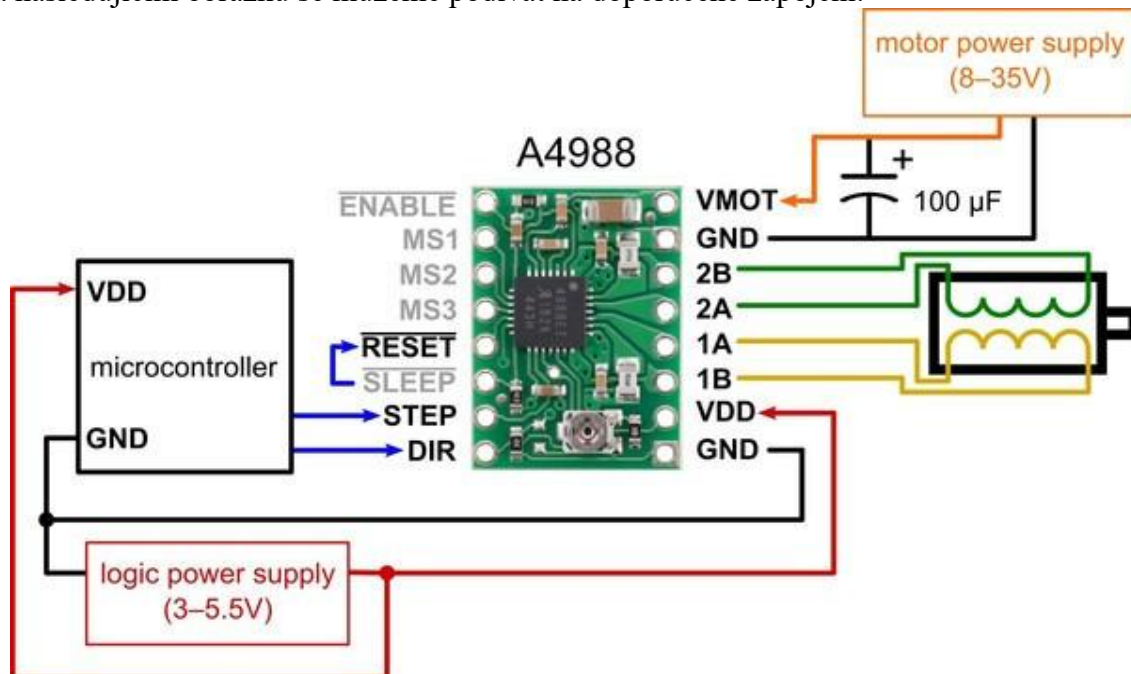
Disponuje celkem nízkým mikrokrokováním od 1/1 až do 1/16.

Nicméně pro použití v tiskárně je to naprosto dostačující a není nutné se honit za co největším mikrokrokováním. Nastavení mikrokrokování se provádí pomocí vstupů MS1-MS3. Tyto vývody jsou na desce Ramps-S vyvedeny na jumper spojky (tyto spojky se nachází uvnitř patice driveru viz. význam jumper spojek desky Ramps-S) a jejich kombinací lze dosáhnout požadovaného mikrokrokování.

Řízení je prováděno pomocí 3 signálů: STEP, DIR a ENABLE. Signál STEP udává, že driver má pootočit motorem o jeden krok. To o kolik se fyzicky motor otočí je dáno počtem kroků

na otáčku daného motoru (většinou mají krokové motory 200 kroků na otáčku) a nastaveným mikrokrokováním na driveru. Signál DIR nám určuje, jakým směrem se bude motor otáčet a signál ENABLE zapíná výkon do motoru. Protože i pokud se motor momentálně neotáčí (nepřicházejí pulzy na vstup STEP) je motor držen neustále pod napětím, čímž je elektricky brzděn.

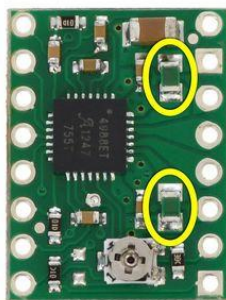
Na následujícím obrázku se můžeme podívat na doporučené zapojení.



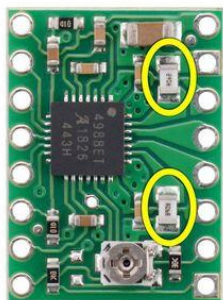
Z obrázku je patrné, že driver používá dvojí napájení. VMOT je výkonové, kterým je napájen připojený krokový motor přes vývody 1A/B a 2A/B. Dále je použito napájení VDD, které slouží k napájení samotného čipu. Vývody RESET a SLEEP se běžně mezi sebou propojují. Ostatní vývody jsme si popsali již výše.

### Nastavení driveru:

Pro hladký chod tiskárny je nutné správné nastavení driveru. To znamená nastavit proudové omezení pro motor. To se často podceňuje, což má za následek buď nepravidelný chod motoru se ztrátou krokování (pokud je nastaven příliš malý proud). To se projevuje posunutými vrstvami výtisku. Případně pokud je proud nastaven naopak příliš velký, dochází k přehřívání motoru a driveru samotného. Proto je třeba nastavení proudového omezení věnovat zvýšenou pozornost. Většina driverů používá pro nastavení proudu odporový trimr. Tímto trimem se nastavuje referenční napětí, které můžeme měřit multimetrem na běžci trimu proti GND. Přepočtem tohoto napětí můžeme zjistit nastavené proudové omezení. Driver A4988 je možno získat v různých konfiguracích lišících se hodnotou měřících rezistorů. Na



$R_{CS} = 50 \text{ m}\Omega$



$R_{CS} = 68 \text{ m}\Omega$

následujícím obrázku jsou 2 varianty:

Hodnota těchto rezistorů je zásadní pro správný výpočet proudového omezení, které se počítá dle následujících vzorců.

Pokud chceme zjistit nastavený proud:

$$I_{max} = V_{ref} / 8 \cdot R_{cs}$$

Pokud chceme zjistit referenční napětí:

$$V_{ref} = 8 \cdot I_{max} \cdot R_{cs}$$

$V_{ref}$  = referenční napětí na běžci trimu (V)

$I_{max}$  = Proud do motoru (I)

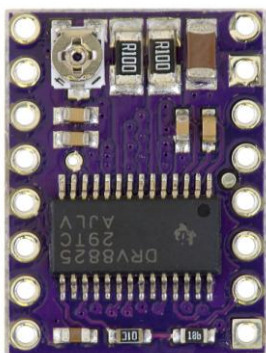
Rcs = Hodnota rezistoru (0,05R nebo 0,068R)

Zde je však nutné upozornit na fakt, že se můžete setkat i s drivery osazenými jinou hodnotou rezistorů a proto je třeba si na to dát pozor.

Dále je třeba nastavit správné mikrokrokování. To se neprovádí přímo na driveru, ale na desce, do které driver osazujete. V našem případě tedy na desce Ramps-S. Uvnitř patice pro driver jsou většinou 3 jumper spojky, jejich osazením docílíme správného mikrokrokování dle následující tabulky:

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full step (1/1)
High	Low	Low	Half step (1/2)
Low	High	Low	Quarter step (1/4)
High	High	Low	Eighth step (1/8)
High	High	High	Sixteenth step (1/16)

### DRV8825:



Tento driver bývá také celkem často používán, pro svou podporu až 32 mikrokroků. Takto vysoké mikrokrokování má za následek ztišení motorů, což se může hodit, pokud požadujeme od tiskárny co nejtišší provoz. Taktéž tento driver podporuje napájení motorů napětím až 45V a proudem až 2,5A. To sice u 3D tiskárny většinou nevyužijeme, ale může se to hodit v jiných aplikacích. Bohužel tento driver nelze doporučit začátečníkům neb jeho správné nastavení může činit problémy. Některé várky driverů obsahují problém při nastavení 1/32 mikrokroků, kdy připojený motor pulzuje, což způsobuje zvlnění stěn výtisku. Pro odstranění tohoto problému je možno zkusit snížit mikrokrokování na 1/16, případně zvýšit napájecí

napětí pro motory na 24V a nebo nejlépe přepnout ho do režimu FAST DECAY. Toto přepnutí však vyžaduje spojení 2 vývodů na čipu, což může někomu činit problém a lze tak neodborným zásahem driver poškodit. Na následujícím obrázku se můžete podívat, které piny je třeba propojit:



Jedná se tedy o propojení pinů 18 a 19. Až na tento problém jsou tyto drivery dobré. Jejich ovládání je shodné s předešlým typem, takže obsahují DIR, STEP, ENABLE a 3 vstupy pro nastavení mikrokrokování. Pro nastavení proudového omezení se opět používá odporový trimr, na jehož běžci můžeme proti GND měřit referenční napětí. Zde však pozor, neb se používá jiný vzorec pro výpočet.

Pro výpočet proudového omezení:

$$I_{max} = V_{ref} \cdot 2$$

Pro výpočet referenčního napětí:

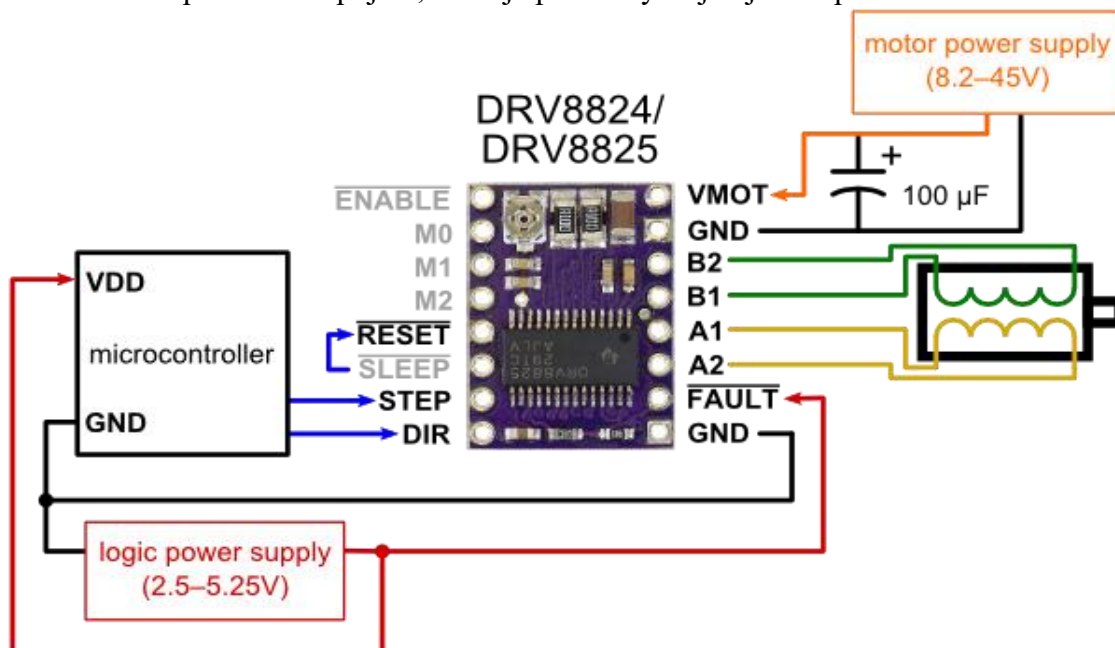
$$V_{ref} = I_{max} / 2$$

U tohoto driveru je také třeba upozornit na fakt, že se většinou dodává s již přednastaveným proudovým omezením na 2,5A, a pokud ho tedy připojíte k motoru a neosadíte ho chladičem,



může se stát, že dojde k jeho poškození. Takže je potřeba co nejdříve provést správné nastavení proudového omezení.

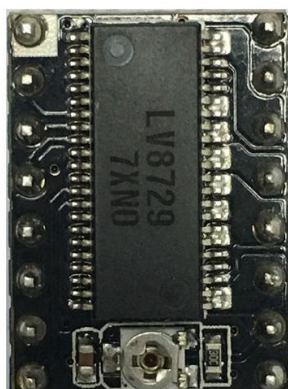
Opět tu máme doporučené zapojení, které je prakticky stejné jako u předchozího driveru.



Nesmí chybět ani tabulka použitelného mikrokrokování:

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

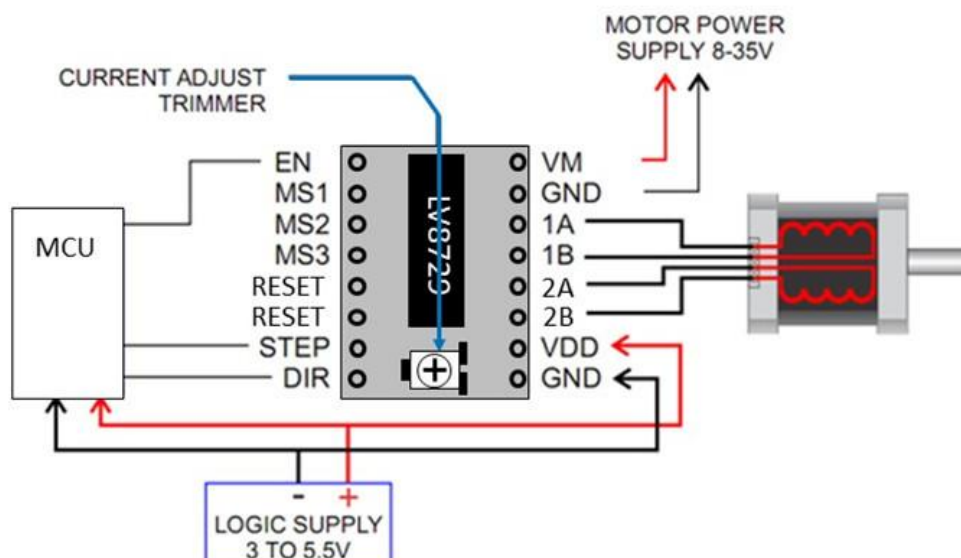
#### LV8729:



S tímto driverem nemám moc velkou zkušenost, ale je zde jako zástupce driverů s vysokým mikrokrokováním a to až do 1/128. Je však nutné upozornit na jednu záludnost použití vyššího mikrokrokování jak 1/32. Vzhledem k tomu, že jsou drivery zde uvedené řízeny pomocí signálů STEP a DIR vyžaduje se zvyšujícím se mikrokrokováním mnohem větší nároky na výpočetní výkon řídicího procesoru. No a pokud používáme mikropočítač s 8bitovou architekturou jako je ATMEGA2560 už může docházet k problémům. Takže ač tento driver zvládá až 128 mikrokroků prakticky je pro použití v tiskárně nepoužitelný.



Opět zapojení je shodné s předchozími drivery. Dokonce je stejný vzorec pro výpočet proudového omezení jako u driveru DRV8825, přičemž maximální proud je schopen tento driver dodat 1,5A, při napětí max 35V. Pro úplnost si tedy ukážeme doporučené zapojení a tabulku pro nastavení mikrokrokování:



MODE0	MODE1	MODE2	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full step
High	Low	Low	Half step
Low	High	Low	1/4 step
High	High	Low	1/8 step
Low	Low	High	1/16 step
High	Low	High	1/32 step
Low	High	High	1/64 step
High	High	High	1/128 step

Samozřejmě toto není výčet všech dostupných driverů, ale pro ukázkou a představu to stačí. Také je nutné upozornit na fakt, že značení na samotných driverech nebývá zrovna přehledné a často se stává, že uživatelé osadí driver do patice obráceně. Toto má za následek okamžité zničení driveru a může dojít i k poškození procesoru. Proto je potřeba být při osazování pečlivý a hlídat si správnou orientaci vývodů. Taktéž jsou na desce Ramps-S patice pro drivery osazeny vždy pro třech v jednom kuse, a proto je potřeba si pohlídat, aby nedošlo k přesazení na špatnou pozici. To se týká hlavně driverů pro extrudery, kde se většinou neosazují všechny, ale pouze jeden až dva.

Nezmínil jsem zde drivery, jež jsou řízeny pomocí sběrnice SPI. Toto řízení bohužel deska Ramps-S bez dodatečných úprav neumožňuje, takže by to bylo zbytečné. Navíc by bylo nutné upravit i firmware. S těmito drivery počítám až do mé další řídicí elektroniky.

## Ostatní elektronika

Nyní máme probránu prakticky všechnu elektroniku na 3D tiskárně. Ovšem ještě nám zbývá se podívat na pár drobností a napsat si něco o procesorové desce Arduino MEGA. I když jsem něco zmínil už u konstrukce Ramps-S, zde to probereme podrobněji a to včetně postupu jak nahrát firmware.

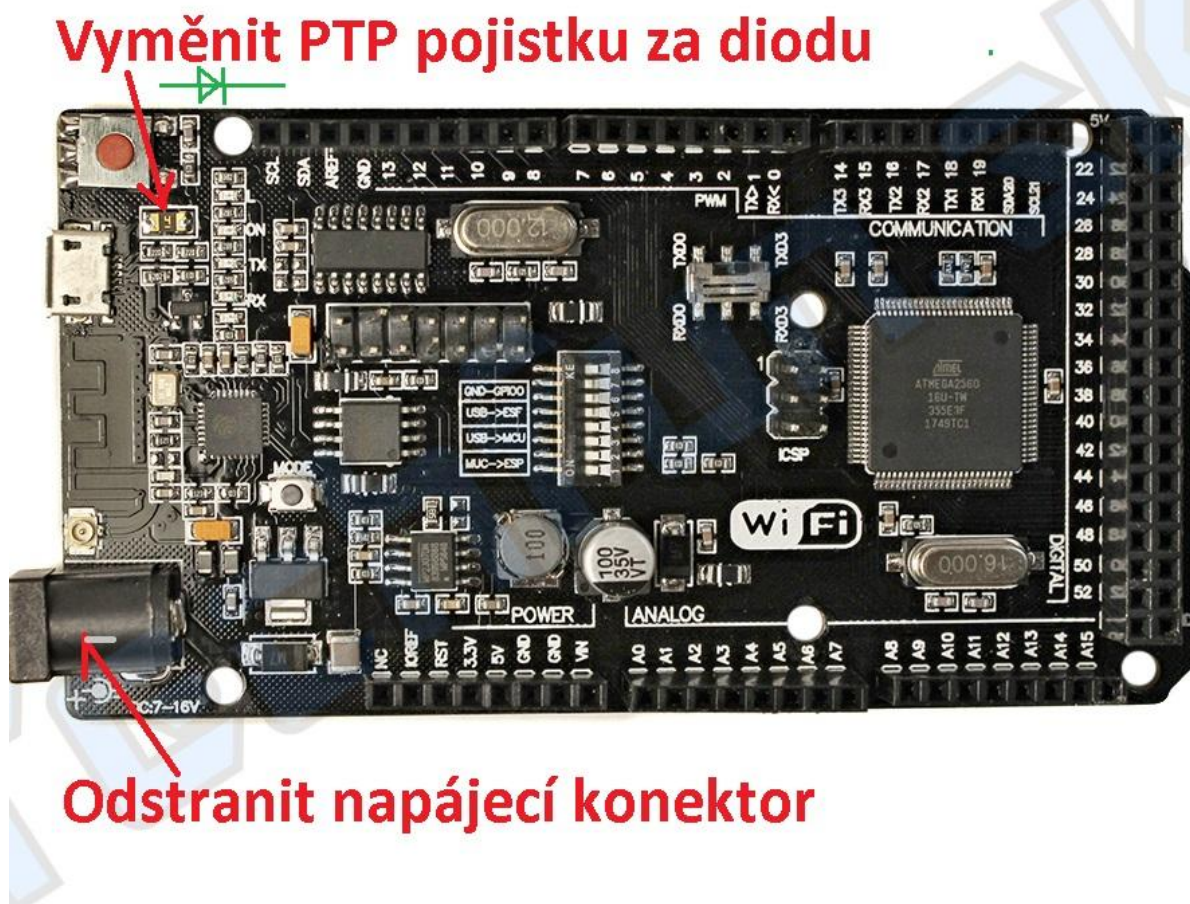
### Arduino MEGA:

Tato velmi oblíbená deska se perfektně hodí pro řízení tiskárny. Ve spojení s Ramps-S a některou variantou ovládacího panelu (případně i některého rozšiřujícího modulu EXTEND) můžeme celkem snadno sestavit kompletní řízení tiskárny. Ovšem je dobré upozornit na to, že existuje mnoho různých klonů této desky MEGA. Některé jsou pro naše použití vhodnější a jiné zase ne. Také je dobré provést nějaké úpravy pro stabilnější provoz. Úprava se týká hlavně odstranění napájecího konektoru, který může vadit při sesazení Arduino MEGA a Ramps-S. Tato úprava je celkem jednoduchá, takže není potřeba to nějak podrobně rozepisovat. Co je však dobré udělat ještě, je vyměnit PTP pojistku pro napájení z USB za běžnou usměrňovací diodu. Tato úprava není tak důležitá, pokud nehodláme propojovat tiskárnu s tiskovým serverem postaveným na Raspberry Pi. Nicméně já chci popsat i toto rozšíření a tak je vhodné na to pamatovat už při stavbě samotné tiskárny. Možná bych měl vysvětlit, proč je tato úprava důležitá.

Většina desek Arduino MEGA má skrytou konstrukční vadu. Tou je automatické přepínání napájení. Běžně to funguje tak, že pokud desku propojíte USB konektorem s PC, je skrze tento konektor zároveň napájena. V momentě, kdy připojíte ještě externí napájení do DC konektoru, je interně napájení přepnuto na externí, přes integrovaný stabilizátor 5V. Chyba je však v tom, že napětí z externího zdroje může téci z desky do USB konektoru a tak může tento konektor napájet připojené zařízení. To ve většině případů ničemu nevádí. Protože pokud je deska propojena s PC, tak toto PC se ji snaží napájet nikoli obráceně. Ovšem pokud připojíme Arduino MEGA například k mini počítači Raspberry Pi 3 a do párového USB konektoru (Raspberry Pi 3 má 2 párové USB konektory, které mají vždy propojená napájení) například externí HDD, bude Raspberry tento HDD napájet a vše bude OK. Jakmile však Raspberry vypneme, to odpojí napájení USB portů a náhle se z desky Arduino MEGA stane napáječ připojeného HDD. Následně nastane jediná možná situace a to porucha interního stabilizátoru 5V, který není schopen dodat dostatek proudu. V tom nejlepším případě se vypne na přehřátí či přetížení a možná se nic nestane. Ovšem mnohem pravděpodobnější je situace, kdy dojde k jeho proražení a tím propuštění plného vstupního napětí do větve 5V. To prakticky okamžitě zničí mikropočítač ATMEGA2560 na desce MEGA a veškerá zařízení, jež jsou z 5V větve napájena. Proto je dobré této situaci zabránit a právě místo PTP pojistky osadit diodu v propustném směru z USB do elektroniky desky MEGA.

Ještě se vrátím k tomu, které desky jsou vhodnější. Já používám rád desky osazené micro USB konektorem a ideální je pokud deska používá místo monolitického stabilizátoru 5V nějaký DC/DC měnič. Bohužel těchto desek není mnoho, ale je celkem běžné k dispozici varianta s integrovanou WIFI kartou. Tuto WIFI kartu můžeme použít následně k propojení tiskárny do sítě. Jak tiskárnu připojit k WIFI si povíme později. No a právě tyto desky používají DC/DC měniče jak pro 5V, tak někdy i pro 3,3V a jsou schopny bez problému dodat proud až kolem 1A v 5V větvi. To se nám hodí pro napájení periferií tiskárny, jako jsou ovládací panely. Zároveň nedochází k zahřívání stabilizátoru vlivem celkem vysokého napájecího napětí.

Na následujícím obrázku najdete ukázkou desky Arduino MEGA s WIFI od [Robotdyn](#). Současně je tam naznačeno, který konektor je dobré odpájet a kde se nachází PTP pojistka od napájení z USB.



Odpájení a výměna PTP pojistky za diodu může mít vliv na kontrast připojeného displeje v ovládacím panelu, pokud je napájení pouze přes USB. Proto případné seřízení kontrastu provádějte vždy při zapnutém externím napájení desky Arduino MEGA.

#### **Nahrání firmware do Arduino MEGA:**

Něco o firmware jsme si napsali již v části o desce Ramps-S. Nyní si napíšeme postup jak firmware nahrát. Nebudu zde rozebírat, jak se firmware konfiguruje, případně kompiluje. To by bylo poněkud mimo rozsah tohoto článku. Zaměřím se čistě na již předkompilované verze firmware (formát HEX), které jsou součástí dokumentace. Současně se budu věnovat pouze firmwaru Repetier, protože později si popíšeme propojení tohoto firmware s tiskovým serverem Repetier. A pro plnou funkcionalitu a kompatibilitu je dobré, aby byl v tiskárně právě firmware Repetier.

Před nahráním firmware je důležité si ujasnit, jaké budou v tiskárně použity komponenty. Některé jsou jasné, ale některé si můžeme zvolit.

#### **Základní komponenty:**

1. Základní procesorová deska Arduino MEGA (ideálně upravená)
2. Ramps-S (rozšiřující deska pro řízení tiskárny)

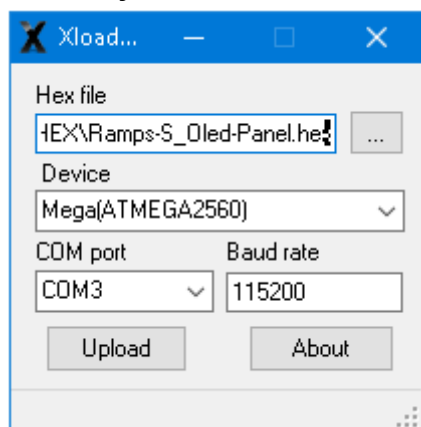
#### **Volitelné komponenty se zaměřením na firmware:**

1. Sakul OLED Panel (Použijeme firmware ze složky: OLED Panel/Repetier v1.0.3/HEX/Ramps-S\_Oled-Panel.hex)

2. RepRapDiscount Full Graphic Smart Controller (GLCD) (Použijeme firmware ze složky: HEX - již zkompilované verze/Repetier v1.0.2/**GLCD.hex**)
3. RepRapDiscount Smart Controller (LCD4x20) (Použijeme firmware ze složky: HEX - již zkompilované verze/Repetier v0.92.9/**LCD4x20.hex**)

Takže v podstatě podle toho jaký si vyberete ovládací panel, musíte vybrat patřičný firmware. Dále propojíme Arduino MEGA s PC a pokud ještě nemáme nainstalovány ovladače, tak je nainstalujeme. Většinou je Arduino MEGA vybaveno USB převodníkem CH340, který Windows 10 umí nainstalovat sám, stačí pouze dát vyhledat ovladač na internetu. Pokud Vaše arduino používá jiný USB převodník, bude možná nutné pro něj stáhnout a nainstalovat ovladače ručně.

Následně můžeme přistoupit k samotnému nahrání firmware. K tomu použijeme program [Xloader](#) (je součástí dokumentace) a nastavíme následující volby:



**Hex file:** Zde zadáme cestu k souboru požadované verze firmware.

**Device:** Zde vybereme typ použitého procesoru, tedy Mega(ATMEGA2560).

**COM port:** Zde vybereme port, pomocí kterého je arduino připojeno k PC. To zjistíte ve správci zařízení Vašeho PC.

**Baud rate:** Toto pole by již mělo být vyplněno na základě navoleného procesoru. Takže pouze zkontrolujeme, že je zde hodnota 115200.

Pokud máme vše takto nastaveno, stačí kliknout na tlačítko **Upload** a během chvíle (cca 15s) by mělo dojít

k nahrání firmware. To, že byl firmware úspěšně nahrán, poznáme podle nápisu ve spodním stavovém řádku **xxx bytes uploaded** (xxx zde zastupují velikost nahrávaného firmware, který se bude lišit podle použité verze).

Pokud vše proběhlo v pořádku a máte propojenou desku arduino s deskou Ramps-S a připojen patřičný ovládací panel, měl by se nyní rozsvítit a na displeji se objeví úvodní obrazovka.

Pokud displej pouze svítí (podsvícení u verze GLCD nebo LCD4x20) bude pravděpodobně nutné upravit kontrast pomocí odporového trimu, který se na panelu někde nachází.

### Napájecí zdroj:

Každá 3D tiskárna potřebuje samozřejmě zdroj napájení. Mnoho lidí dělá chybu, když použijí pro napájení tiskárny nějaký počítačový zdroj, který se jim doma válel. A je zcela lhostejné zda jde o nějaký kvalitní 600W zdroj. Všechny počítačové zdroje jsou pro použití na tiskárně naprosto nevhodné a jejich použití generuje nespočet problémů, a pokud je neumíme správně identifikovat, mnohdy hledáme problém zcela někde jinde. Proto důrazně doporučuji používat výhradně průmyslové spínané zdroje o výkonu minimálně 240W, ale raději 350-400W. Tyto zdroje jsou určeny k trvalému zatížení a umožňují regulaci výstupního napětí. Většinou je totiž potřeba napájecí napětí zvýšit z 12V (pokud tedy používáme 12V napájení) na nějakých 13,5V z důvodu lepší funkce vyhřívané podložky.



## Koncové spínače:

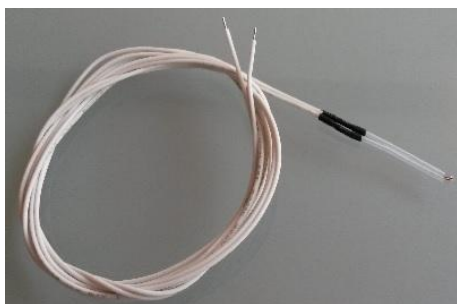


Tiskárna používá většinou 3 koncové spínače pro referování OS. Jsou použity X-MIN, Y-MIN a Z-MIN. Koncové spínače mohou být mechanické nebo elektronické. Začátečníkům doporučuji použít mechanické koncové mikrospínače, které disponují dobrou přesností a jejich montáž je na rozdíl od optických či indukčních vcelku snadná.

Ve většině případů se z bezpečnostních důvodů zapojuje rozpínací kontakt, který se do elektroniky připojí mezi GND a signál. Stejně je to nastaveno i ve všech zde dostupných firmwarech. To znamená, že pokud není spínač stlačen, je jeho kontakt sepnut, čímž přivede na vstup procesoru GND. V momentě referování, kdy na něj osa najede, se kontakt rozepte. Na obrázku je ukázka vhodného spínače, přičemž rozpínací kontakt je vyveden na krajních vývodech.

## Teplotní čidla:

Pro snímání teploty trysky a vyhřívané podložky se většinou používají termistory s klidovým odporem 100K. Těchto termistorů existuje celá řada, a proto zde uvedu typy, které jsou definované ve firmware. Z praxe mám vyzkoušeno, že je možno je zaměnit i za jiný typ. Nicméně to může být na úkor linearity měření. Každý typ má totiž definovanou ve firmware převodní tabulku, dle které se vypočítává skutečná teplota na základě odporu termistoru.



### Termistor pro trysku: **NTC 3950 100K**

Termistor je ve skleněném pouzdru a proto je potřeba při montáži dávat pozor na mechanické poškození. Součástí bývá již teflonový kablík a bužírky na vývodech termistoru.



### Termistor pro podložku: **104GT-2**

Tento termistor je zalit ve šroubovacím pouzdru se závitem M3 a vývody jsou zakončeny konektorem. Toto provedení je ideální pro montáž na hliníkové vyhřívané podložky [MK3](#), kam je možno ho našroubovat, čímž se eliminuje riziko, že by termistor vypadl.

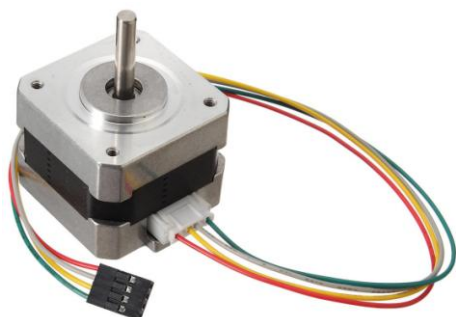
Pro zachování co nejpřesnějšího měření doporučuji zachovat právě tyto typy.

## Topení:

Aby mohla tiskárna tavit plast, potřebuje nějaké topení (topné tělísko). Většinou se pro vytápění trysky používá malé tělísko o výkonu 30-50W, které je spolu s termistorem namontováno v tzv. HeatBlocku, do kterého je skrze HeatBreak přiváděn filament, který se pak taví v trysce.

Druhým topením je pak vyhřívaná podložka. Zde už je to podstatně různorodější, a existuje obrovské množství podložek. Jedno mají však společné a to je největší spotřeba ze všech komponent tiskárny. Běžně se spotřeba vyhřívané podložky pohybuje kolem 150W a proto je nutné ji připojit kvalitní kabeláží ideálně s průřezem AWG13 až 12.

### Krokové motory:



Poslední komponentou, o které si povíme, jsou krokové motory. Drtivá většina tiskáren používá motory v provedení NEMA17 s 200 kroky na otáčku. Neboli s  $1,8^\circ$  na krok. Ve výjimečných případech se používají motory s 400 kroky na otáčku ( $0,9^\circ$  na krok). Ty se většinou používají v extruderech nikoli v pohonech OS. Tyto motory jsou dvou fázové a většinou mají vyvedeny 4 vodiče. Někdy se můžeme setkat i s variantou, že je vyvedeno 6 vodičů. V takovém případě je vyvedena ještě odbočka z každého vinutí.

Tiskárna Rebel II používá 5 těchto krokových motorů. Jeden je použit pro osu X, jeden pro osu Y a jeden pro extruder. Dva paralelně zapojené motory potom pro osu Z. Toto řešení osy Z se dvěma motory je kompromisem pro dosažení co nejjednodušší mechanické konstrukce.

Tímto máme tedy probranu prakticky veškerou elektroniku na 3D tiskárně, včetně toho, jak do ní nahrát správný firmware. Posledním krokem pro zdárné oživení tiskárny je její nastavení. Firmware obsahuje již některá nastavení, ale bude nutné pravděpodobně některá nastavení upravit nebo minimálně zkontrolovat, že korespondují s mechanickou konstrukcí. Takže si pojdme něco povědět co a kde nastavit.

### Kde se parametry nastavují:

V našem případě, kdy používáme firmware Repetier se dají veškeré hodnoty editovat v paměti EEPROM. Editovat je můžeme buď přímo z ovládacího panelu nebo pomocí programu Repetier HOST. Osobně doporučuji právě druhou variantu, neb veškeré nastavení je velice pohodlné a přehledné. Pokud máme tedy elektroniku tiskárny propojenou s PC a spuštěn program Repetier HOST, je nutné nejprve definovat spojení s tiskárnou. To provedeme v horní liště programu rozkliknutím nabídky **Nastavení / Nastavení tiskárny** (případně klávesovou zkratkou CTRL+P). Na kartě **Připojení** je nutné definovat několik parametrů:

**Spojení** – Sériové spojení.

**Port** – Zde zadáme port, pomocí kterého je tiskárna připojena k PC.

**Baudy** – Zde vybereme hodnotu 115200.

Všechny ostatní volby můžeme nechat, tak jak jsou.

Na kartě **Tiskárna** není nutné nic měnit, takže se přepneme na kartu **Extruder**. Zde je dobré zkontrolovat, případně změnit pouze **Diametr**, kde zadáme průměr trysky použité na tiskárně. Ve většině případů se používá průměr 0,4mm. Opět nic dalšího zde nemusíme řešit. Poslední co je dobré nastavit je na záložce **Tisková plocha**. Zde bychom měly vyplnit nebo změnit následující parametry:

**X max** – Zde zadáme, do jaké vzdálenosti od nulového bodu může daná osa jet. Pokud máme tiskárnu s tiskovým prostorem 200x200x200 (XxYxZ) většinou vyhový právě hodnota 200.

**Y max** – Zde je to stejné jako předchozí.

**Šířka tiskové plochy** – Zde už se zadává konkrétní velikost Vaší tiskové plochy. Opět běžně 200.



**Hloubka tiskové plochy** – Opět zadáme velikost tiskové plochy v ose Y. Většinou 200.

**Výška tiskové plochy** – A zde zadáme maximální výšku, jež nám tiskárna umožňuje tisknout.

Zde je dobré upozornit, že tyto hodnoty nemají žádný vliv na tiskárnu jako takovou. Ta má tyto hodnoty uloženy zvlášť právě v paměti EEPROM. Tyto hodnoty jsou platné pouze pro program Repetier HOST z důvodu, aby mohl správně zobrazovat náhled tiskové plochy tiskárny. Pokud zde budou jiné hodnoty, než skutečně tiskárna podporuje, může se stát, že fyzický tisk bude probíhat v jiném místě tiskové plochy, než nám vygeneroval náhled v programu Repetier HOST.

Pokud máme tedy toto všechno nastaveno, můžeme se připojit k tiskárně. To provedeme kliknutím na ikonu **Připojit** v levém horním rohu okna programu Repetier HOST. Při úspěšném připojení se změní ikonka a podle verze programu může zmodrat.



Následně by měl program vyčíst z elektroniky veškerá data. Pokud nejsou, připojeny teplotní čidla pravděpodobně vyskočí chybové hlášení informující o problému s teplotami a nebude možné vyčíst data uložená v EEPROM. Proto je vhodné buď oba termistory připojit (pokud již nejsou), případně místo nich po dobu konfigurace připojit rezistory 100K. To způsobí, že si elektronika bude myslet, že teploty jsou v pořádku

a zobrazí nám hodnotu 25°C. Tímto můžeme i zkontrolovat, že elektronika měří teplotu správně. Pokud by se hodnota lišila o více než jeden stupeň je někde závažný problém v měřicím okruhu a je nutné to prověřit.

Nyní můžeme tedy konečně vyčíst hodnoty z paměti EEPROM tiskárny. To provedeme rozkliknutím položky **Nastavení** / **Nastavení EEPROM firmware** (případně klávesovou zkratkou CTRL+E). Otevře se nám okno se všemi konfigurovatelnými hodnotami. Zároveň můžeme tyto hodnoty uložit do PC, nebo naopak z PC aktualizovat. My se nyní podíváme na ty nejdůležitější položky. Nemá totiž smysl zde probírat vše.

**X, Y a Z axis steps per mm** – Toto jsou nejdůležitější údaje. Tyto hodnoty totiž zaručí, že tištěný objekt bude ve správné velikosti. Neboli daná osa se posune fyzicky o zadanou vzdálenost (Příklad – pokud software řekne tiskárně, aby pohnula osou o 10mm, musí osa popojet skutečně o 10mm). Většina tiskáren Rebel II nevyjímaje, používá pro pohon osy X a Y řemen, jež je s motorem propojen řemenicí. Osa Z, je pozicována většinou nějakým šroubem, ať už jde o trapézový šroub nebo obyčejnou závitovou tyč, případně kuličkový šroub. Tyto šrouby jsou s motorem propojeny přes nějakou spojku.

No a my potřebujeme nyní zadat hodnotu počtu kroků, které musí motor vykonat, aby se osa posunula o 1mm. Do počtu kroků jsou zároveň zahrnuty i mikrokroky nastavené na driveru daného motoru. Pro osu Z, je výpočet následovný:

V první řadě musíme znát parametry hardwaru a parametry driveru motoru. Začneme tedy krokovým motorem. Jak už jsme si řekli většina krokových motorů má **200** kroků na otáčku, takže použijeme tuto hodnotu. Dále pokud používáme driver A4988 s nastavenými **16ti** mikrokroky, použijeme pro výpočet tuto hodnotu. No a poslední údaj, který musíme znát je stoupání použitého šroubu na otáčku. Pokud budeme používat trapézový šroub o průměru 8mm a stoupáním **2mm**, zajímá nás to stoupání. Z těchto hodnot spočítáme potřebnou hodnotu:  $(200 \times 16) / 2 = 1600$ . Takže pro osu Z zadáme hodnotu 1600 steps per mm.

Obdobně budeme počítat i osy X a Y. Zde krom motoru a mikrokroků driveru potřebujeme vědět rozteč zubů na řemenu a počet zubů řemenice. Běžně se používá řemen GT2, který má rozteč zubů **2mm** a řemenice s **20ti** zuby. Výpočet bude vypadat následovně:  $(200 \times 16) / 20 / 2 =$

**80.** Zadáme tedy hodnotu pro osy X a Y 80 steps per mm. Tabulka pro tyto výpočty je přiložena k dokumentaci.

**Ext1. Steps per mm** - Když už jsme u těch výpočtů, spočítáme ještě hodnotu pro extruder. Zde opět krom motoru a driveru, musíme znát i průměr ozubeného kolečka, které posouvá filament. Často se používají kolečka 7,2mm. Výpočet tedy bude:  $(200 \times 16) / (7,2 \times 3,14) = 141,5$ . Zadáme tedy hodnotu 141.5 steps per mm. Zde je dobré upozornit na to, že pokud zadáváte hodnotu s desetinným místem, vždy píšeme místo čárky tečku (.).

**X, Y a Z max lenght** – V těchto třech polích zadáváme maximální pojezd dané osy. Tato hodnota není velikost tiskového prostoru, ale skutečná fyzická vzdálenost o jakou se může osa pohnout z nulového bodu. To je třeba většinou změřit a následně zadat s tím, že necháme na konci osy minimálně 5mm rezervu, aby osa nejezdila až na doraz. Tato hodnota je totiž pro tiskárnu koncová a přes ni nikdy nepojede, i když dostane povel, aby za tuto hodnotu jela.

Toto jsou tedy ty nejdůležitější hodnoty, které je nutno správně zadat, aby tiskárna mohla pracovat správně. Ostatní hodnoty v EEPROM nastavují další parametry, ale to už nechám na každém, aby se seznámil s tím, co která hodnota znamená, neb to už je mimo rozsah tohoto článku.

No a to by bylo asi vše co je potřeba znát pro začátek, pokud se rozhodnete pro stavbu 3D tiskárny svépomocí. Samozřejmě jsem nemohl vše rozvést do detailů, takže i tak Vám zbývá dost samostudia, ale pro představu a nasměrování, by to mělo stačit. Nyní ještě pár zajímavých odkazů, kde lze čerpat další informace.

V další části si napíšeme jak takovou tiskárnu připojit pomocí WIFI sítě a spravovat ji na dálku přes webové rozhraní.

#### **Odkazy:**

[Stavba 3D tiskárny Rebel II](https://www.youtube.com/playlist?list=PLo15ElzAMkb2FtN0jeeJCxe54EQ4mMd2V) - <https://www.youtube.com/playlist?list=PLo15ElzAMkb2FtN0jeeJCxe54EQ4mMd2V>

[da Vinci 1.0 AiO](http://www.cz-xyzprinting.cz/3d-tiskarny/da-vinci-1-0-aio/da-vinci-1-0-aio-0003) - <http://www.cz-xyzprinting.cz/3d-tiskarny/da-vinci-1-0-aio/da-vinci-1-0-aio-0003>

[Rebel II](http://www.rebelove.org) - <http://www.rebelove.org>

[Ramps-S](http://www.sakul.cz/ramps-s/n/) - <http://www.sakul.cz/ramps-s/n/>

[Arduino MEGA - Micro USB](#)

[GLCD](https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Full_Graphic_Smart_Controller) - [https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount\\_Full\\_Graphic\\_Smart\\_Controller](https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Full_Graphic_Smart_Controller)

[LCD2004](https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Smart_Controller) - [https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount\\_Smart\\_Controller](https://reprap.org/wiki/RepRapDiscount_Smart_Controller)

[Arduino MEGA](https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3) - <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>

[Ramps](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4) - [https://reprap.org/wiki/RAMPS\\_1.4](https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

[HC-06](http://www.sakul.cz/bluetooth-hc-06/n/) - <http://www.sakul.cz/bluetooth-hc-06/n/>

[HC-05](http://www.sakul.cz/bluetooth-hc-05/n/) - <http://www.sakul.cz/bluetooth-hc-05/n/>

[Repetier](https://www.repetier.com/documentation/repetier-firmware/) - <https://www.repetier.com/documentation/repetier-firmware/>

[Marlin](http://marlinfw.org/) - <http://marlinfw.org/>

[Repetier HOST](https://www.repetier.com) - <https://www.repetier.com>

[Repetier Server](https://www.repetier-server.com/) - <https://www.repetier-server.com/>

[Repetier Informer](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.repetierinformer337630&hl=cs) - <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ionicframework.repetierinformer337630&hl=cs>

[Arduino IDE](https://www.arduino.cc/en/Main/Software) - <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

[U8glib](https://github.com/olikraus/u8glib) - <https://github.com/olikraus/u8glib>

[GT2560](http://www.geeetech.com/wiki/index.php/GT2560) - <http://www.geeetech.com/wiki/index.php/GT2560>

[Inspirace pro OLED panel](http://www.forum.sakul.cz/viewtopic.php?f=12&t=1066) - <http://www.forum.sakul.cz/viewtopic.php?f=12&t=1066>

[Sakul OLED panel](http://www.forum.sakul.cz/viewtopic.php?f=12&t=1109) - <http://www.forum.sakul.cz/viewtopic.php?f=12&t=1109>

[DM DIY More](https://www.diycc.com) - <https://www.diycc.com>

[A4988](https://www.pololu.com/product/1182) - <https://www.pololu.com/product/1182>  
[DRV8825](https://www.pololu.com/product/2133) - <https://www.pololu.com/product/2133>  
[LV8729](https://wiki.fysetc.com/LV8729_V1.0/) - [https://wiki.fysetc.com/LV8729\\_V1.0/](https://wiki.fysetc.com/LV8729_V1.0/)  
[Robotdyn](https://robotdyn.com/mega-wifi-r3-atmega2560-esp8266-flash-32mb-usb-ttl-ch340g-micro-usb.html) - <https://robotdyn.com/mega-wifi-r3-atmega2560-esp8266-flash-32mb-usb-ttl-ch340g-micro-usb.html>  
[MK3](https://reprap.org/wiki/PCB_Heatbed) - [https://reprap.org/wiki/PCB\\_Heatbed](https://reprap.org/wiki/PCB_Heatbed)  
[Výpočet krokování](https://www.vsepro3dtisk.cz/s/vypocet-krokovani) - <https://www.vsepro3dtisk.cz/s/vypocet-krokovani>  
[Xloader](http://commodore.software/downloads/download/246-wifly-commodore-wi-fi-modem/1966-xloader-v1-00) - <http://commodore.software/downloads/download/246-wifly-commodore-wi-fi-modem/1966-xloader-v1-00>