

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Přírodovědecká fakulta**

Bakalářská práce

**Soubor video tutoriálů pro výrobu  
DPS pomocí programů KiCAD,  
FlatCAM a hobby CNC frézky**

Tomáš Falada

Školitel: Ing. Michal Šerý Ph. D.

České Budějovice 2021

Bibliografické údaje:

Falada T., 2021: Soubor video tutoriálů pro výrobu DPS pomocí programů KiCAD, FlatCAM a hobby CNC frézky. [A set of video tutorials for PCB production using KiCAD, FlatCAM and hobby CNC milling machine. Bc. Thesis, in Czech] - 40 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Abstract:

*This bachelor thesis deals with instructions in the form of video tutorials for creating a printed circuit board. KiCAD and FlatCAM programs are chosen for the design and a hobby CNC milling machine is used for the production itself. After watching the video tutorials, the person should be able to design and create a simple printed circuit board according to the mentioned method and have an idea of the construction of more complex printed circuit boards.*

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích, 12. 4. 2021

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Michalu Šerýmu, Ph.D. za vstřícnost, trpělivost a ochotný přístup při řešení problémů spojených s mojí bakalářskou prací, jejíž téma mi taky pomohl vymyslet.

# Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Cíle práce .....	7
2	Deska plošných spojů.....	7
3	Programy na návrh a výrobu plošného spoje .....	9
3.1	KiCAD .....	9
3.1.1	Prostředí programu KiCAD .....	10
3.2	FlatCAM .....	13
3.2.1	Prostředí programu FlatCAM.....	14
4	Výroba plošného spoje .....	15
4.1	CNC frézky .....	17
4.1.1	Frézování.....	18
4.1.2	Vrtání.....	18
5	Programy na natáčení a úpravu videí .....	19
5.1	Open Broadcast Software (OBS).....	19
5.2	Sony Vegas Pro 17.0.....	20
5.3	AudaCity .....	21
6	Postup při vytváření video tutoriálů .....	22
7	Zpracované video tutoriály.....	26
7.1	Video tutoriál 1: Představení tutoriálu.....	26
7.2	Video tutoriál 2: KiCAD – Úvod do programu .....	27
7.3	Video tutoriál 3: KiCAD – Umístění a práce se součástkami .....	28
7.4	Video tutoriál 4: KiCAD – Optimalizace schématu .....	29
7.5	Video tutoriál 5: KiCAD – Footprinty a popis schématu .....	30
7.6	Video tutoriál 6: KiCAD – Sestavení součástek v Pcbnew .....	30
7.7	Video tutoriál 7: KiCAD – Dokončení návrhu DPS.....	31

7.8	Video tutoriál 8: FlatCAM – Návrh frézování p. spojů.....	32
7.9	Video tutoriál 9: FlatCAM – Návrh vrtání a frézování DPS .....	33
7.10	Video tutoriál 10: KiCAD – Další užitečné funkce.....	33
7.11	Video tutoriál 11: Vyhotovení DPS na hobby CNC frézce .....	34
8	Závěr.....	36
	Seznam použitých zkratk a pojmů.....	37
	Literatura .....	38
	Seznam obrázků .....	40

# 1 Úvod

Za posledních sto let se ve světě stal velký pokrok ve značném množství různých oborů. Jedním z takových oborů je i elektronika, na kterou se v moderním světě klade pořád větší a větší důraz. Může za to hlavně nespočetné množství možností, které nám elektřina poskytuje, a tudíž v ní spousta lidí vidí velký potenciál. To je důvod, proč se dnes může na zařízení využívající elektřinu narazit na každém kroku.

Jedním z takovýchto zařízení je i destička plošných spojů. Zdánlivě opomíjená věc ve světě elektroniky, ačkoliv je to jedna z nejdůležitějších věcí, bez které by si lidé nemohli dnešní fungování elektrických obvodů představit. Skoro veškerá propojení mezi součástkami jsou konstruována právě pomocí plošných spojů.

Zmínky o plošných spojích je možné najít již v 19. století, kdy se na dnešní poměry propojovaly obrovské součástky na dřevěných deskách pomocí železných drátků či pásků. To však připomínalo dnešní vzhled plošných spojů jen z daleka. Velkým přísunem pak bylo postupné zmenšování součástek, které mělo za příčinu lepší využití obvodů v praxi. Především však bylo důležité vyřešit problém se sériovou výrobou.

Jak uvádí Plíva (2010):

Skutečná historie DPS se začala psát až v roce 1925, kdy si Charles Ducas patentoval metodu tisku vodivého materiálu na izolační podložku pomocí standartní tiskové planžety. Z této doby pochází i název tištěné spoje neboli „tišťačky“ a tohoto přízviska se přes zásadní změny v technologiích do dnešních dnů nezbavily [1].

Několik let po něm si v roce 1943 Paul Eisler nechal patentovat technologii na leptání měděné fólie, která umožnila zavedení sériové výroby. Od té doby se destička plošných spojů změnila jen minimálně. Avšak s postupným zmenšováním součástek se musela upravit tak, aby se na ní mohli vejít veškeré vývody. Tento problém byl vyřešen, když roku 1961 byla patentována metoda pokovení otvorů firmou Hazeltone a o něco později využití technologie vícevrstevných desek. To umožnilo přesunout veškeré integrované obvody doprostřed destičky plošných spojů a umístit tak na ní o dost víc součástek, které mezi sebou byly všelijak propojeny.

Když se odpoutáme od historie, tak v současné době si můžeme destičku plošných spojů pořídit za velmi slušnou cenu, která je primárně určena její velikostí, materiálem, počtem vrstev, stylem výroby, výběrem ochranné vrstvy a stranami, na které je možný vytvořit plošný spoj. Tento fakt dává možnost kreativním lidem uplatnit svůj talent například tak, že si svůj plošný spoj mohou navrhnout a vyrobit u sebe doma. K tomu je však potřeba nejdříve zvolit metodu, kterou chceme náš plošný spoj zrealizovat. Metod je několik a zvolení jedné z nich se většinou odvíjí od složitosti plošného spoje a prostředků, které máme k dispozici [1, 2].

V této bakalářské práci se zaměřuji na pomoc lidem s výrobou plošného spoje pomocí video tutoriálů, které mají člověku ukázat jednu z několika metod návrhu a výroby. Rozhodl jsem se pro práci s programy KiCAD a FlatCAM, protože jsou uživatelsky snadno přístupné a práce s nimi není pro naše potřeby složitá. Podle mého názoru velká skupina lidí přebývá v době koronavirové krize právě doma, a proto jsou tutoriály, které pomáhají lidské tvořivosti, velice vítané.

## 1.1 Cíle práce

- 1) Seznámit zájemce s metodou pro návrh a vytvoření plošného spoje (co tato metoda obsahuje a proč by si měl zájemce vybrat zrovna tuto metodu).
- 2) Jednoduše a srozumitelně seznámit zájemce s programem KiCAD, aby z ukázky byli schopni navrhnout jakýkoliv jiný jednoduchý plošný spoj.
- 3) Ukázat zájemcům, jak správně nastavit program FlatCAM (aby návrh odpovídal výsledku a nedošlo k poškození návrhu a hobby CNC frézky).
- 4) Na konci video tutoriálu ukázat vyfrézovanou destičku, která byla vyrobena dle zmíněné metody, aby zájemce viděl možný výsledek.

## 2 Deska plošných spojů

Když už se zde zmínila destička plošných spojů, bylo by dobré říct, jak vlastně taková destička vypadá a z čeho je složena. Protože když se na příklad porovnává DPS, která obsahuje jen jednoduchý obvod, který má za úkol rozsvítit a zhasnout LED diodu a destička, která se vyskytuje u grafických karet, tak je možné zjistit, že se zásadně liší.

Destička plošných spojů se skládá z jedné či více vrstev obvodů. Obvykle záleží na tom, k čemu destička slouží. Čím složitější plošný spoj je na destičku umístěn, tím více prostoru je potřeba udělat pro všechny součástky, ale i veškeré spoje, které tyto součástky budou

propojovat. V minulosti (před rokem 1980) se pracovalo pouze jen s jednovrstvou destičkou, kde se na jedné straně připevňovaly součástky a na druhé straně byly umístěné jejich vývody, které se buď pájely ručně nebo se k tomu využíval takzvaný „Insertion mount machine“ (automatizovaný stroj). Vývody v té době vedly pouze skrz destičku. Tento jev se označuje taky jako THT (through-hole technology). Jednoduše se po návrhu plošného spoje namaloval na destičku nákres, z kterého bylo vidět, kde se nacházejí jednotlivé součástky a označily se zde i body, které se později vyvrtaly a sloužily právě pro vývod drátků na druhou stranu destičky. Tato technologie se využívá i dnes, ale v podstatně menším měřítku. Jako lepší metoda připevnění součástek na destičku plošných spojů se ukázala metoda SMT (surface-mount technology). Její hlavní výhodou jsou menší či žádné vývody (součástka se upevní přímo na svorky) a snazší automatizace, takže se perfektně hodí pro sériovou výrobu. Avšak tato technologii nelze uplatnit pro všechny součástky, takže je možné se setkat s destičkami, kde jsou vidět obě tyto technologie zároveň [2].

V současné době je možné přijít do styku s mnoha materiály, které se používají na výrobu DPS. Mezi ty nejznámější a nejpoužívanější můžeme zařadit:

**FR1** – papír nasycený fenolovou pryskyřicí

**FR2** – papír nasycený fenolovou pryskyřicí (podobný jako **FR1**, ale s lepšími vlastnostmi)

**FR3** – Papír nasycený epoxidovou pryskyřicí

**FR4** – Tkanina ze skelných vláken sycená epoxidovou pryskyřicí (nejčastěji se vyskytující materiál)

**FR5** – Tkanina ze skelných vláken sycená epoxidovou pryskyřicí (využívá se pro práci s vyšší teplotou)

V různých zařízeních se pak lze setkat i s více DPS, které jsou mezi sebou propojeny. V těch to případech není vždy vyhovující skládat DPS hned jednu za druhou, protože zde bývá problém s místem, které by toto propojení zabíralo. Proto se pro tyto situace využívají takzvané flex nebo rigid-flex technologie. Rigid-flex technologie je kombinace DPS, které jsou mezi sebou propojeny pásy, které se dají ohýbat. Samozřejmě jen do určité míry, protože se v nich nalézají drátky, kterými jsou DPS propojeny. Větší míry ohybu pak dosáhneme u flex technologie, kdy je možný ohnout celou DPS [3, 4, 5].



## 3 Programy na návrh a výrobu plošného spoje

Nejdůležitější část samotné výroby je návrh plošného spoje. Od návrhu se odvíjí mnoho důležitých věcí, na které je při jeho realizaci potřeba myslet. Pro návrh plošného spoje lze použít CAD (computer-aided program) programy, které slouží k navrhování či projektování. Dostupnost těchto programů je v dnešní době veliká, takže je zde prostor pro každého, kdo by měl sebemenší zájem si nějaký plošný spoj navrhnout. Programy se pak dají rozdělit do skupin podle toho, jaké možnosti poskytují a podle toho se tak odvíjí jejich cena. Nelze však říct, že by freeware programy neposkytovaly to, co by lajk potřeboval k návrhu jednoduchého plošného spoje. Jako jeden z oblíbených programů pro návrh DPS (podle M. Klauze) lze zmínit například EAGLE. Velice populární program, který může sloužit taky jako freeware za podmínky nevýdělečného použití či studijních účelů. V oblasti návrhu cest pro frézování je pak program FlatCAM jeden z nejpobulárnějších [6].

### 3.1 KiCAD

Jedním z freeware programů pro návrh DPS je právě KiCAD. Za zmínku taky stojí, že se jedná o open source program a tím pádem je možné, jakkoliv měnit zdrojový kód dle potřeby vývojáře a samotný program tak upravit k požadovaným účelům. Program je dostupný pro všechny známé platformy jako je Windows, Linux a macOS. Jeho dvě hlavní funkce jsou Schematic Capture neboli část, ve které si uživatel může navrhnout schéma svého plošného spoje v podobě elektrického obvodu a PCB layout, který slouží pro návrh umístění jednotlivých součástek a spojů na DPS tak, jak bude vypadat ve skutečnosti.

První verze KiCAD programu byla možná spustit již v roce 1992 po vytvoření jejím autorem, kterým byl Jean-Pierre Charras. Avšak v dnešní době program spadá pod KiCAD Developers Team, ve kterém účinkuje zakladatel programu KiCAD, současně s dalšími developery, kteří se podílejí na zdokonalování programu. Od roku 2015 je pak možné najít prezentace o vývoji, historii a dalších informacích týkající se programu KiCAD, které jsou prezentovány každý rok pod vedením – Project Leader (Stambaugh W.) [7].

Oficiální stránky programu pak nabízejí uživatelům široké spektrum informací v podobě dokumentací, tutoriálů a knih, které jsou napsány v angličtině. Samotný program je však přeložen plně do češtiny kromě jednotlivých součástek, zkratk a pojmů, které se nepřekládají (viz pojem footprint). Program podléhá neustálému zlepšování jak ze strany developerů, tak

ze strany uživatelů. Proto zde existuje uživatelské fórum a knihovny, které lze do programu přidat a nějakým způsobem ho zlepšit.

### 3.1.1 Prostředí programu KiCAD

Na úvodní obrazovce programu je vidět, že ačkoliv KiCAD má dvě hlavní navrhovací funkce, tak jejich fungování je doplněno dalšími „vedlejšími“ nástroji, které program doplňují. Všechny tyto funkce se pak dají rozdělit tímto způsobem:

Softwarové nástroje:

**KiCAD** – Správce všech projektů (úvodní okno aplikace)

**Eeschema** – Editor pro vytvoření schématu plošného spoje a součástek

**Pcbnew** – Editor pro rozvržení elektrického obvodu na DPS a editor reálných součástek

**GerbView** – Gerber prohlížeč (Zde lze prohlížet soubory uložené v Gerberu společně se soubory na vrtání.)

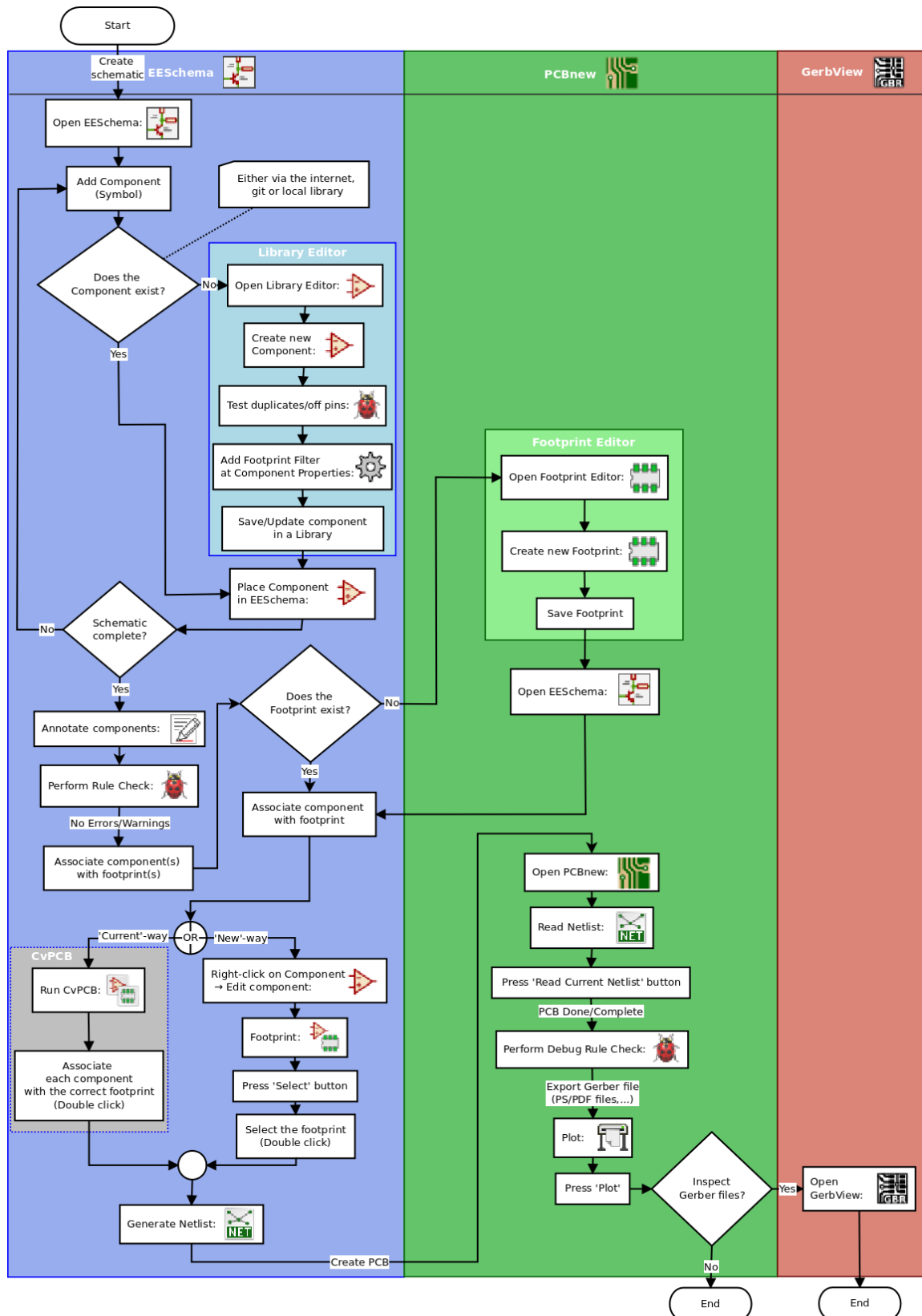
Doplňující nástroje:

**Bitmap2Component** – Nástroj pro převod bitmapového obrázku na schéma komponentu či reálnou součástku

**PcbCalculator** – Kalkulačka, která je užitečná pro počítání komponentů při práci s regulátory, pro výpočet šířky spoje apod.

**PI Editor** – Editor vzhledu stránky

Avšak pro samotný návrh, počínaje vytvořením schématu elektrického obvodu až po uložení návrhu plošného spoje v podobě gerber souborů a souborů pro vrtání, je možné využít pouze softwarové nástroje. S těmito nástroji se dá pracovat po jejich spuštění z úvodního okna nebo je také možné je spustit jako samostatné nástroje. Pro práci v programu KiCAD se může člověk řídit jednoduchým postupem, který je znázorněn na obrázku 3.1 [8].



Obrázek 3.1 Popis postupu pro návrh plošného spoje od jeho vzniku až po exportování do gerber a excellon souborů. Převzato a upraveno z [9].

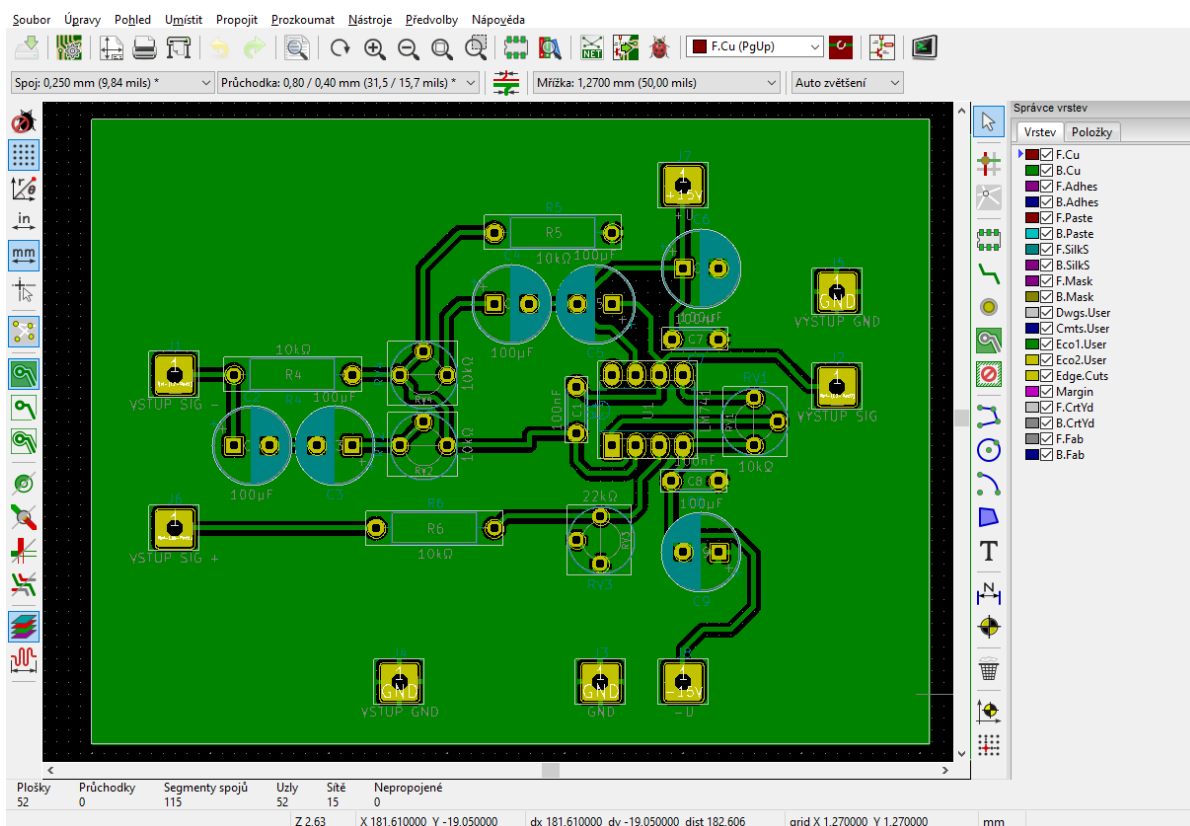
**Eeschema** je nástroj s velice jednoduchým uživatelským rozhraním. Po prvním spuštění se uprostřed obrazovky vyskytuje čistý výkres s tečkami, které tvoří pomyslnou mřížku skrz celý výkres. Mřížka i rozměry stránky lze kdykoliv změnit, a tak není problém vytvořit opravdu velké schéma, které je pak možné ještě rozdělit do samostatných dílčích výkresů.

Na každé straně programu jsou pak vidět panely s nástroji, které slouží buď pro informativní účely nebo pro návrh samotného schématu. Práce se schématem začíná vložením první součástky. Program nabízí opravdu velikou knihovnu součástek, takže je velmi pravděpodobné, že při konstrukci jednoduchého schématu lze najít všechny potřebné součástky. Je tu však možnost, že potřebná součástka v knihovně není. Tím pádem je nutné si navrhnout úplně novou součástku. S tím souvisí i takzvaný footprint. Pro součástku je nezbytné navrhnout nejdřív schématickou značku, která bude viditelná ve schématu a poté i filtr reálného vzhledu součástky.

Součástky je možné volně umístit na výkres a dělat s nimi různé operace v podobě rotace či překlopení. Každá součástka má svůj název a pole pro hodnotu, které se dají libovolně upravovat. Propojení mezi součástkami tvoří vodiče. Když se ve schématu objeví překrytí vodičů, tak je snadné zjistit, jestli jsou propojeny. Slouží k tomu značka propojení, která se ve většině případu vytvoří automaticky, ale je možné ji i manuálně vložit do schématu. Součástky a vodiče tvoří hlavní kostru schématu, ke které je možné přidat například i sběrnici nebo globální označení. Všechna tato označení jsou pak propojena uvnitř globální hierarchie, takže je není nutné propojovat vodiči. Celé schéma je dle potřeby možné upravovat vložením dalších věcí jako je text, zvýraznění sítě a popis sítě. Poslední důležitá věc je vložit footprinty součástek. Ty je možné najít v základní knihovně programu nebo si je zájemce může vytvořit sám. Pomocí funkce footprint je možné přiřadit reálný vzhled součástky ke schématické značce.

Po vytvoření schématu se pokračuje v nástroji **Pcbnew**. Zde se promítnout footprinty součástek společně s konexemi, které pomáhají s vedením plošných spojů. Podstatou tohoto nástroje je poskládat součástky tak, jak by měly vypadat ve výsledku na vyhotovené DPS a vytvořit mezi nimi spoje. Tento proces se ve velké míře odvíjí od zkušeností člověka. Někdo si destičku se skladbou součástek může představit ihned a někdo naopak ne. Jde zde hlavně o spoje, které musí propojovat všechny součástky, ale na druhou stranu se nesmí překrývat. Myslet je potřeba i na samotné obrábění na CNC frézce a na způsob, jak si tento proces co nejvíce ulehčit. Příkladem toho může být využití pouze jedné strany destičky místo obou.

V pravé části nástroje jsou znázorněny jednotlivé vrstvy DPS různými barvami. Ty slouží pro lepší orientaci v návrhu a také pro rozpoznání jednotlivých částí DPS jak je vidět na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2 Nástroj Pcbnew v programu KiCAD s vyhotoveným plošný spojem, který využívá pouze jednu stranu destičky. Zdroj: Autor práce

Tento nástroj umožňuje také vytvoření návrhu pro samotné rozměry destičky. Na tu je pak možné vložit text, který bude buď vyryt do destičky nebo je přimalován na destičku po frézování. Do destičky lze taky umístit díry pro upevnění. Pro představení plošného spoje již vyfrézovaného na destičce spolu s namontovanými součástky lze využít 3D prohlížeč, ve kterým se zobrazí DPS ve 3D spolu se všemi vrstvami.

Nástroj **GerbView** slouží k otevírání gerber souborů. Jeho prostředí se však nijak neliší od **Pcbnew** nástroje.

## 3.2 FlatCAM

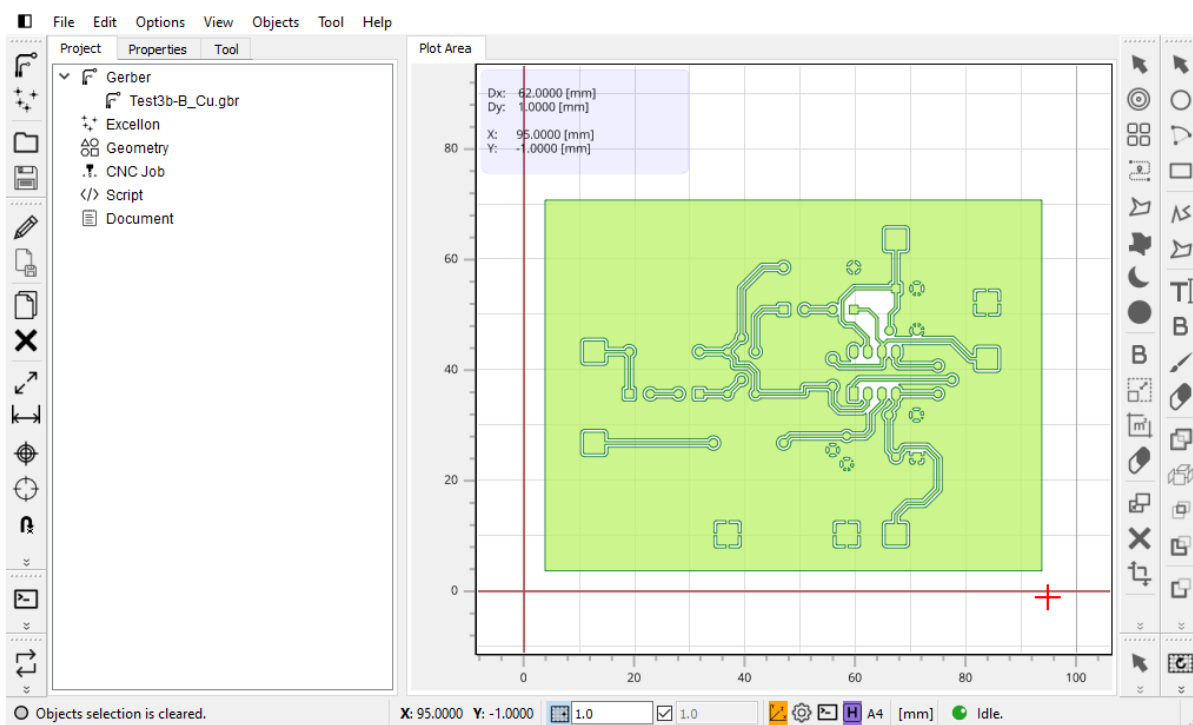
Pro výrobu plošného spoje pomocí hobby CNC frézky je zapotřebí program, který převede schéma plošného spoje spolu se soubory pro vrtání do frézky tak, aby podle toho mohla automaticky plošný spoj vyrobit. Přesněji do g-code formátu. Pro tento účel je vhodný

například program s názvem FlatCAM. Stejně jako u programu KiCAD se jedná o freeware open source program, který nebrání uživateli ve změně zdrojového kódu či v komerčním využití. Zkušenější uživatelé programu FlatCAM si také mohou navrhnout svůj vlastní způsob vedení cest. Veškeré podrobnosti včetně návodů a online fóra je možné najít na oficiálních stránkách programu FlatCAM. Na programu se stále pracuje a každoročně vychází update, který opravuje chyby, které od minulého updatu nebyly nalezeny nebo opraveny.

FlatCAM funguje již od roku 2014 a jeho zakladatelem je Juan Pablo Caram. Od té doby se program výrazně změnil, a to hlavně kvůli tomu, že se jedná o open source. Caram tak nepracuje na vývoji programu sám, ale připojují se k němu developéři, kteří program využívají a zdokonalují [10].

### 3.2.1 Prostředí programu FlatCAM

Prostředí programu je tvořeno z několika částí. Uprostřed se nachází pracovní plocha, která je podobně jako u Eeschema v programu KiCAD tvořena mřížkou. V pravé části programu je možné najít panel s nástroji, které jsou používány ze značné části pouze pro navrhování nových cest bez použití exportování jiných souborů. V levé části se nachází panel s projektem. Po vložení gerber, excellon nebo případně jiných vhodných souborů se v levé části objeví projekt s jednotlivými vrstvami pro frézování a uprostřed jejich vizuální zobrazení jako na obrázku 3.3.



Obrázek 3.3 Program FlatCAM po vložení gerber souboru s plošným spojem.  
Zdroj: Autor práce

Nejdůležitější částí v programu je ovšem nastavení parametrů pro frézování a vrtání. Prvním z nich je šířka nástroje. Pro frézování DPS se většinou používá „V-shape“ nástroj. V programu FlatCAM se zadává tento údaj obvykle třikrát, pro frézování jednotlivých cest, celé destičky a vrtání děr. Potřebný průměr nástroje se dá vypočítat pomocí kalkulačky v programu. Dalším údajem jsou cykly (v programu pod pojmem passes) neboli počet projetí nástroje okolo jednotlivých cest. Čím větší počet, tím širší bude mezera. Důležité je i nastavení hloubky, která se uvádí v záporných číslech, rychlost frézování apod. Vyplněné musí být i údaje o tom, jak vysoko vyjede nástroj při změně místa frézování. Všechny tyto údaje se zadávají několikrát pro všechny typy úkonů. Je však důležité být si jistý zadáváním parametrů, aby nedošlo k poškození destičky ani frézky, protože se nejedná o levnou záležitost.

Po zadání všech potřebných údajů je možné vygenerovat jednotlivé cesty, kterými frézka bude projíždět. Tyto cesty jsou zobrazeny na pracovní ploše. Pro změnu rychlosti otáček je zapotřebí manuálního přístupu, protože FlatCAM neobsahuje pole pro otáčky. V dalším kroku už stačí návrh pouze exportovat do g-code souborů a je možné vrtat a frézovat [11].

## 4 Výroba plošného spoje

Zvolení výroby plošného spoje závisí na několika faktorech. Jedním z těchto faktorů je návrh. Pokud je návrh jednoduchý a obsahuje málo cest a součástek, je možné ho vyrobit i v domácím prostředí. Za složitější návrh je možné označit plošný spoj na destičce, kde se nalézá mnoho prvků (cest a děr) a člověk musí využít destičku z obou stran nebo je nutné využít vícevrstvé destičky. Dalšími faktory, které ovlivňují zvolení výroby, jsou například dostupnost prostředků, čas, cena nebo i počet kusů, které je nutno vyrobit. V dnešní době je možné se setkat například s těmito metodami pro výrobu plošných spojů:

### **Ruční výroba (kreslení)**

Nejprimitivnější způsob, jak vytvořit plošný spoj, je ruční kreslení. Tato metoda se skládá z návrhu, který je načrtnut na destičku a poté je zvýrazněn speciálním fixem nebo inkoustem. Destička se dále ponoří do roztoku, který rozpustí všechnu měď, s kterou přijde do styku krom té, která je pokryta již zmíněným fixem nebo inkoustem. Následně se fix odstraní a měď ošetří kalafunou.

Výhoda ruční výroby je v jednoduchosti a rychlosti provedení. Naopak nevýhodou je nepřesnost nákresu, který omezuje použití metody na jednoduché a malé spoje. Nevýhodou je také možnost zničení plošného spoje z důvodu lidského faktoru – nanesení fixu na nežádoucí místa na destičce.

### **Výroba fotocestou**

Tato cesta pro výrobu plošných spojů se dá v současnosti považovat za nejpobulárnější. Nejdříve je k vytvoření návrhu zapotřebí laserová tiskárna a průhledná fólie, na kterou se natiskne plošný spoj, který je možno navrhnout například v již zmíněném programu EAGLE. V dalším kroku se fólie připevní na již připravenou cuprexitovou destičku, na který musí být aplikovaný fotocitlivý lak. Z tohoto důvodu je nejlepší pracovat v místnosti, kam nedosahuje sluneční svit. Fólii lze zajistit například průhledným sklíčkem, které nemá v šířce více než pár milimetrů, protože by mohlo pohltit většinu UV záření. Jako další na řadě je osvit UV lampou. Tento proces by neměl trvat déle než minutu. Po odstranění UV lampy se destička ponoří do roztoku, který na destičce vyvolá plošný spoj přesně tak, jak byl navrhnout. Vhodným roztokem může být například hydroxid sodný. Po vyvolání následuje leptání. To se provádí v dalším roztoku, který rozpustí osvícenou měď. Nakonec je potřeba se zbavit přebytečného laku, toneru a připravit destičku k pájení a vrtání [12].

### **Výroba nažehlením**

Další ze zajímavých způsobů výroby je nažehlení. Pro výrobu je podobně jako u foto cesty zapotřebí laserová tiskárna. Návrh vytvořený v programu stačí vytisknout na papír a přelepit ho dalším lepícím papírem. Papíry je potřeba položit plošným spojem nahoru, přiložit na ně destičku a opět zakrýt papírem. Ten slouží jako ochrana, aby se žehlička nedotýkala přímo destičky. Následuje žehlení, které probíhá při nižším výkonu žehličky po dobu přibližně asi jedné minuty. Po celou dobu je důležité hlídat destičku, aby nedošlo k nesprávnému nažehlení plošného spoje. Po vychladnutí se vloží destička s papíry do vody a nechá se odmočit. Při tomhle procesu by se měly papírky sami odlepit a plošný spoj by se měl zobrazit na destičce. Postup je pak stejný jako u foto cesty, kdy je potřeba nechat destičku vyleptat a při poslední úpravě odstranit toner [13].

### **Sériová výroba**

Všechny již zmíněné metody jsou využívány hlavně pro kreativní a prosté účely. Pro sériovou výrobu je však nutné zvolit optimální metodu, která bude splňovat všechny již



zmíněná kritéria aneb dosáhnout minimální ceny výroby při nejvyšší kvalitě a kvantitě výrobku. Postupy se ve firmách liší, ačkoliv se mohou podobat výrobě foto cestou/nažehlením. Velké desky plošných spojů v podobě panelů se nejprve připraví nanesením fotocitlivé vrstvy. Poté se vloží do stroje, který osvítí desky laserem. Laser je aplikován jen na vrstvu mědi, kterou chce firma odstranit, a tak není nutné využívat fólie se vzorem plošného spoje. V dalším kroku se desky přesunou do zařízení, kde se odstraní osvícená měď pomocí roztoku. Dále se desky musí očistit od fotocitlivé vrstvy a zkontrolují se. Následují procesy typu ošetření DPS, skládání několika vrstev DPS k sobě, vyvrtání děr, nanesení vrstvy pro pájení a v poslední fázi další kontrola hotového výrobku. Desky, na kterých se nalézá několik plošných spojů, se poté buď rovnou zabalí nebo se od sebe oddělí. To však záleží na firmě a na zákazníkovi [14, 15].

### **Výroba pomocí CAD programu a CNC frézky**

Jedná se o metodu, jejíž postup je popsán ve video tutoriálu. Největší problém u této metody je CNC frézka. Není to zrovna nejlevnější záležitost, takže není možné očekávat, že tuto metodu může použít každý, kdo si bude DPS chtít vyrobit. Ze všeho nejdříve je potřeba udělat návrh v CAD programu. Tento návrh se pak exportuje do dalšího programu (v tomto případě se využívá FlatCAM), ve kterém se navrhne cesta a styl frézování. Tuto část se nevyplácí podceňovat, protože nesprávné údaje o frézce jí mohou značně poškodit. Nakonec se destička vyfrézuje. Délka tohoto procesu záleží na složitosti spoje a zručnosti člověka, který frézku obsluhuje.

## **4.1 CNC frézky**

Pro obrábění plošného spoje na destičce je vhodná právě CNC frézka. Jedná se o automatizované stroje, na kterých je možné pracovat s velikou škálou materiálů jako jsou plast, dřevo, hliník nebo dokonce ocel. Ne však všechny typy CNC frézek mohou zpracovávat všechny materiály. Dají se rozdělit do třech skupin podle využití: hobby, standartní a průmyslové. Pro práci s DPS je možné využít všech třech typů, ačkoliv pro domácí vyrobenou destičku plošných spojů je vhodná hlavně hobby CNC frézka. Ta je ze všech typů nejmenší, takže za jedny z největších výhod se dá označit cena a váha, která značně ovlivňuje přenositelnost frézky. Hobby CNC frézku je ovšem možné použít i ve firmě pro drobnou úpravu nebo výrobu drobných výrobků. Program, podle kterého se frézka řídí, je ovládán počítačem. Z toho důvodu je také možné využít již zmíněných programů pro návrh DPS a jeho následné exportování do gerber a excellon souborů [16].

### 4.1.1 Frézování

Pracování s CNC frézku zahrnuje i samotné frézování. Jedná se o typ obrábění, které se provádí pomocí rotačního nástroje. Tento nástroj je tvořen zuby, které odebírají kusy materiálu z povrchu obráběného předmětu v podobě třísek. Třísky bývají různých rozměrů, a tím pádem probíhá řezání přerušovaně. Předmět musí být pevně zajištěn, aby frézování proběhlo přesně. Fréza se otáčí a koná posuvný pohyb proti frézovanému předmětu, který je buď v klidu nebo se může pohybovat po určité křivce. V případě výroby plošného spoje musí být DPS upevněna. U frézování oboustranné DPS je zapotřebí určit i výchozí bod, kterým se bude frézka orientovat i po převrácení destičky.

Pro frézování rovinných ploch existují dva typy frézek – válcová a čelní. U válcové frézky je umístěna osa rotace rovnoběžně s obráběnou plochou, přičemž jsou zuby umístěny na obvodu. Válcové frézování může také probíhat dvojím způsobem. Sousledně a nesousledně. Rozdíl je ve směru otáčení frézky vůči frézovanému předmětu. Obě metody mají své výhody i nevýhody. Tento fakt není nutný řešit při čelním frézování, protože zde směr rotace frézky nemá vliv na výsledek. Při čelním frézování se osa rotace nachází kolmo k obráběné ploše a zuby jsou jak na obvodě, tak i na čelní ploše, aby mohla frézka zajet do hloubky materiálu. Pro výrobu DPS se využívá pouze CNC frézka, která pracuje s čelní frézou, protože vyfrézovat plošný spoj pomocí válcové frézky by bylo velice nepraktické [17].

### 4.1.2 Vrtání

Vytvoření děr v DPS je opět vyhotoveno čelní frézku, s kterou je možné tvořením vnitřních rotačních ploch dosáhnout děr průchozích či neprůchozích. Při práci s jednostrannou DPS je možné mluvit jen o průchozích dírách. U DPS tvořené z několika vrstev je možné narazit i na neprůchozí díry, které slouží k propojení vrstev. Při vrtání frézka rotuje pouze kolem své vlastní osy, přičemž se posouvá kolmo k DPS. Pro vrtání pomocí čelního frézování existují dva typy nástrojů, a to vrtáky s válcovou nebo upínací stopkou. Tyto vrtáky se upevňují buď do vrtací hlavičky, která je upnuta ve vřetenu frézky nebo do kleštiny. Díry vytvořené frézku do DPS slouží k několika účelům. Nejdůležitějšími účely jsou průchod drátků součástek na druhou stranu DPS a vyvrtání montážních děr pro upevnění destičky šroubky [18].

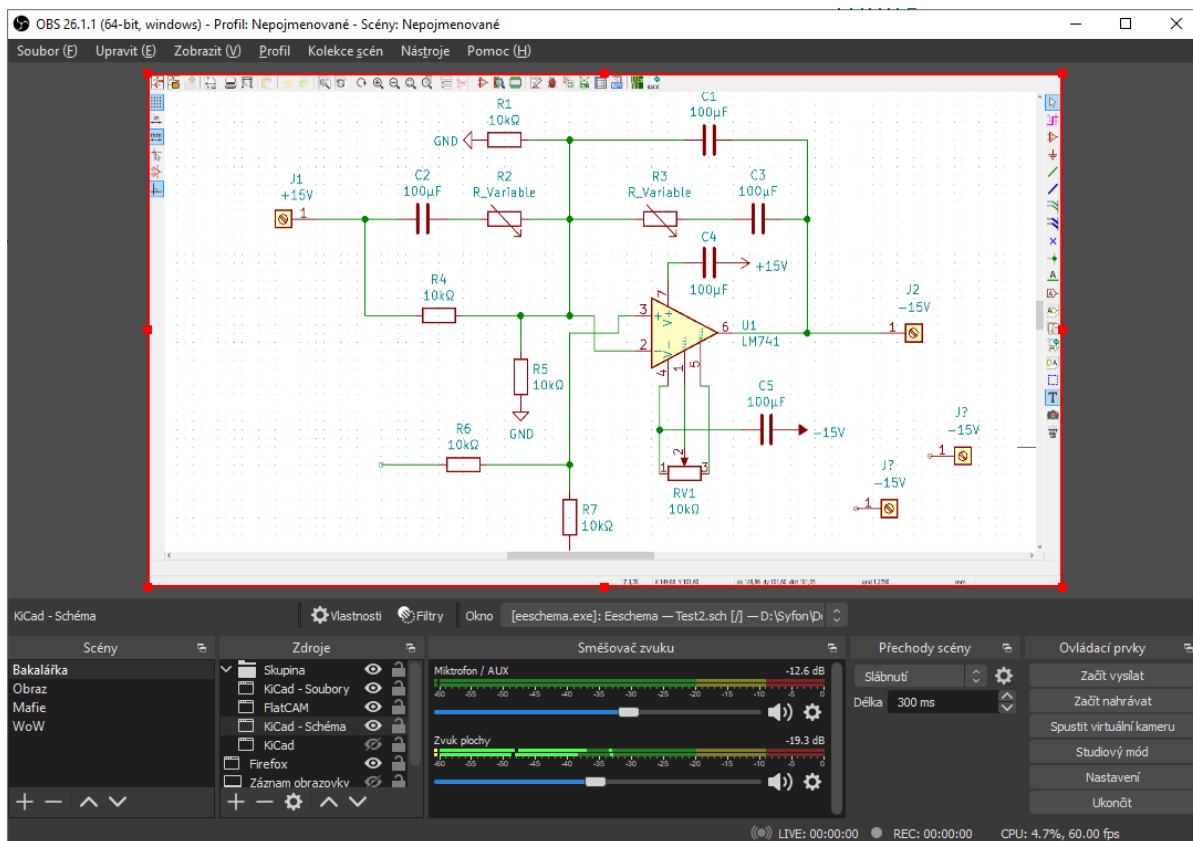
## 5 Programy na natáčení a úpravu videí

Aby video tutoriál zaujal, je mu nutno věnovat potřebný čas. Jeho projekce a zvuk musí ladit a divák tak nesmí mít potřebu nezhlédnout video až do konce. Obsah tutoriálu může být jakkoliv zajímavý, ale bez dobré úpravy není možné očekávat, že se podle něj bude zájemce řídit. V podstatě na prezentaci záleží v takovém měřítku, že autorovi rozhodne o tom, zda je video pro diváka dostatečně zajímavé nebo ho naopak odradí. Autor tak musí upravit video z několika záběrů, které se poté vhodně upraví. Takových to programů pro úpravu videí je mnoho a návod na to, jak by mělo edukativní video vypadat, není snadný. Důležité je pak dbát na to, že ani úprava videa nepomůže, když samotná nahrávka dosahuje špatné kvality.

### 5.1 Open Broadcast Software (OBS)

Jak už je z názvu programu zřejmé, jedná se o program určený hlavně pro živé internetové vysílání. Je s ním však možné i točit videa. Slovíčko open v názvu znamená, že se jedná o open source software. Každý si ho tak může zdarma stáhnout a měnit jeho zdrojový kód. Když se prvně objevilo OBS, nabylo hodně rychle veliké popularity z důvodu uživatelsky přátelského prostředí, které se perfektně hodilo pro živá vysílání a natáčení. Mimo to zde byla faktorem cena. V minulosti byly hlavně využívány programy pro nahrávání obrazu typu Fraps a Bandicam. Tyto programy je také možno stáhnout zdarma, ale s určitým omezením. Tento fakt snižoval kvalitu videa a pro plnou verzi bylo a pořád je nutné si programy zakoupit.

Při práci s OBS se využívají takzvané scény. Scénou může být například obrázek, prohlížeč, záznam obrazovky, okna nebo aplikace. Těchto scén je možné vytvořit několik a v průběhu natáčení mezi nimi přepínat. Využití to má především v živém vysílání, ale i u nahrávání se najdou chvíle, kdy je prezentace celé obrazovky nežádoucí. Možné je pak přidání obrázku nebo média, který může zakrývat například libovolnou část v prohlížeči, která by neměla být na videu vidět. Nejdůležitější je však nastavení programu, které určuje, jakou výslednou kvalitu bude video mít. Hlavními parametry pro natočení jsou: rozlišení, snímky za sekundu, čistota hlasu a vzorkovací frekvence, která však bývá přednastavena. Čistého hlasu pak dosáhneme filtry, které je možné aplikovat. Nejpoužívanější z nich jsou potlačení šumu a případně kompresor. Ne vždy je dobré nastavovat parametry podle tutoriálů z internetu, protože primárně záleží na příslušném hardwaru. Příkladem může být třeba rozlišení, které by mělo být ideálně full HD. Není možné natočit video v takové kvalitě, když monitor pro práci dosahuje maximálního rozlišení HD.

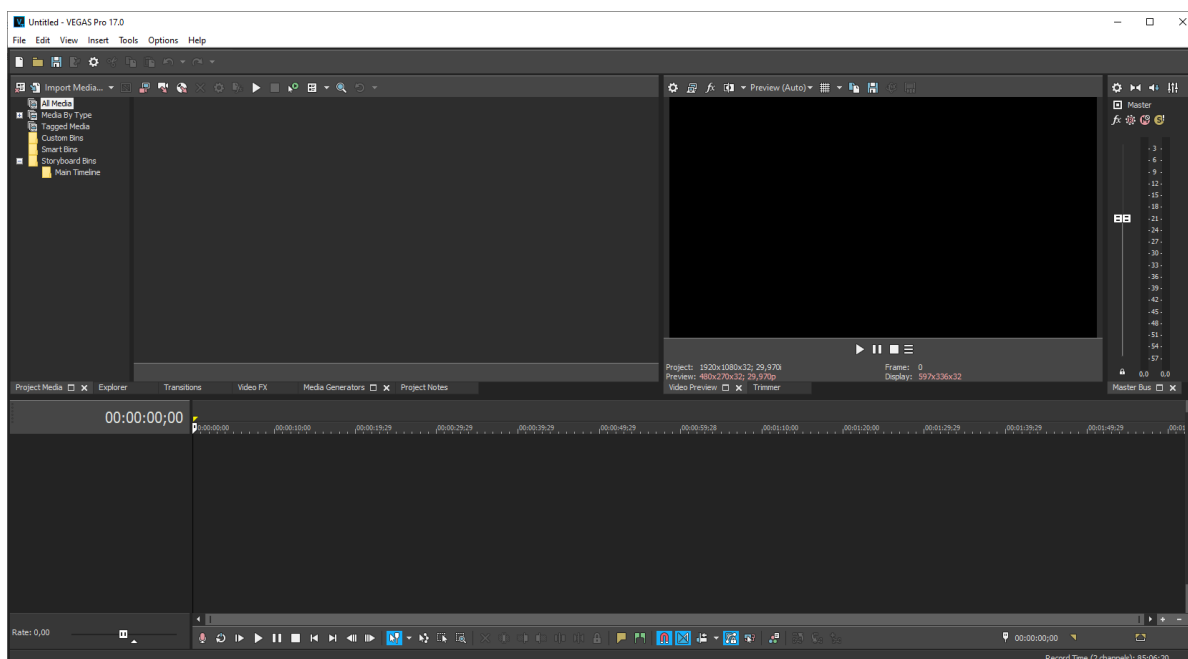


Obrázek 5.1 Program OBS, na kterém jsou vidět scény, nastavení hlasitosti a náhled právě aktivní scény. Zdroj: Autor práce

## 5.2 Sony Vegas Pro 17.0

Pro úpravu videí, které jsou prezentovány v bakalářské práci, byl zvolen program Sony Vegas. Nejedná se o program využívaný profesionály (jako například Adobe Premiere Pro), který by byl vhodný pro výdělečné účely, ale i přesto poskytuje velikou škálu možností, kterými lze video upravit. Program není zdarma a je potřeba si ho zakoupit nejlépe na oficiálních stránkách. Jedná se o jeden ze tří programů, které slouží k úpravě videí a spadají pod Vegas Creative Software. Na webových stránkách je také možné najít mnoho tutoriálů, kde jsou popsány jednotlivé kroky, které jsou vhodné jak pro začátečníky, tak i pro pokročilé uživatele programu. Pro práci s tímto programem je potřeba nejdříve si nastudovat základní funkce, a hlavně si je vyzkoušet. V případě této bakalářky to nebyl problém, protože jsem v minulosti s tímto programem již přišel do styku a několik videí tak upravil a sestříhal [19].

Knihovna s efekty, kterou program v základní verzi poskytuje, se dá dále rozšířit. Jedná se o veliký bonus, protože po nějaké době pracování v tomto programu je možné zjistit, že nějaké akce, kterými by lze šlo video upravit, tu prostě nelze nalézt. I přes využití knihoven tu však nelze nalézt velice užitečné funkce jako je například sledování pohybu (motion tracking), která nám umožňuje upevnění textu k bodu, který je v pohybu a s časem se tak hýbou oba zároveň.

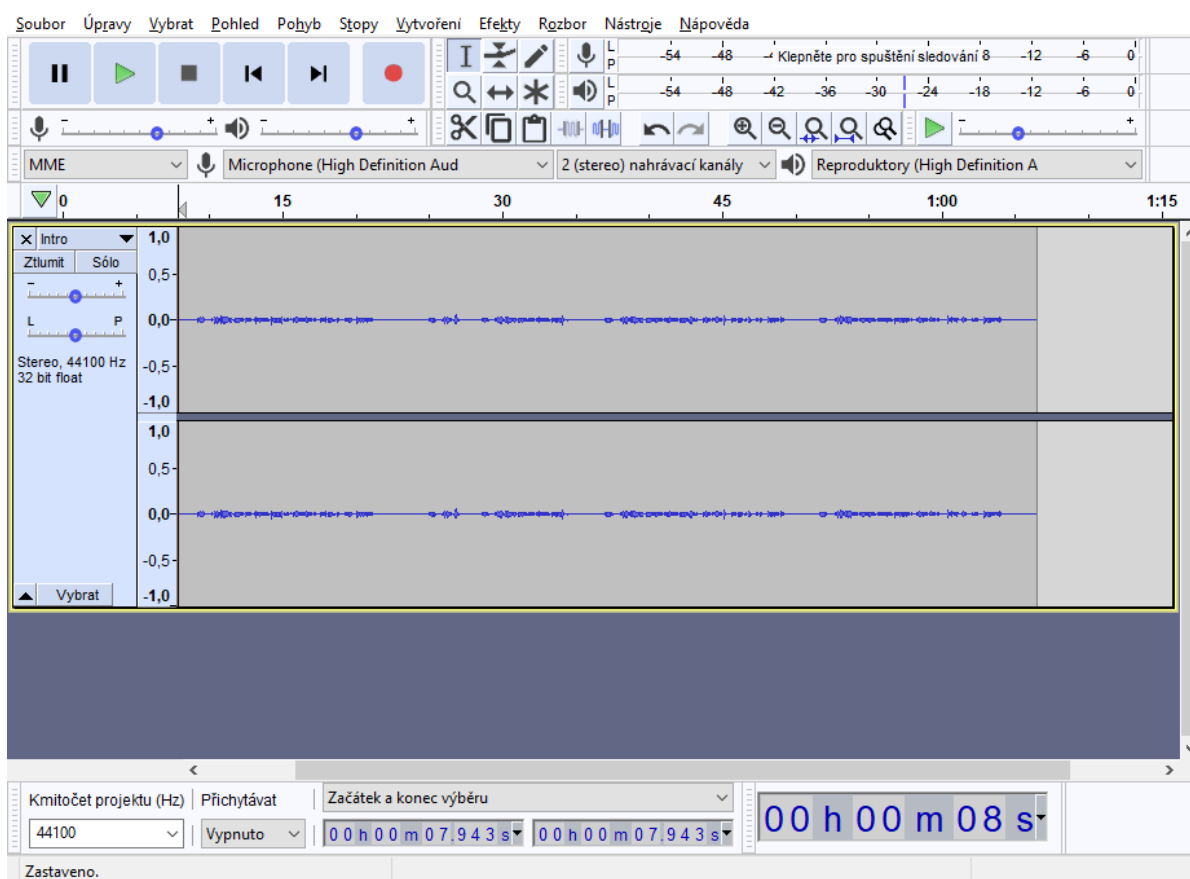


*Obrázek 5.2 Vzhled programu Sony Vegas po jeho spuštění. Ve spodní části lze najít časovou osu, v pravé horní části okno pro náhled videa a v levé horní části okno pro výběr efektů.  
Zdroj: Autor práce*

### 5.3 AudaCity

Pro menší úpravy v oblasti zvuku je dobré využít programu AudaCity. Jedná se o velice jednoduchý a praktický program, který pomůže značně vylepšit kvalitu nahrávky. Většinu nežádoucích zvuků se dá zbavit nastavením mikrofону. Nahodilých prvků, jako je například kolemjedoucí vlak nebo štěkot psa, se však tímto způsobem zbavit nelze.

Menším problémem u tohoto programu může být, že nepodporuje nahrávky s videem. V tomto případě je potřeba převést nahrávku do mp3 formátu a až poté nahrát do AudaCity. Mimo odstranění nežádoucích prvků nabízí program různé modifikace a práce se zvukem. Je například možné přímo nahrávat v programu, upravovat rychlost zvuku, vytvořit si vlastní zvuk/tón, přidat zvláštní efekt nebo jakkoliv mísit nahrávky mezi sebou. Prostředí programu se zvukovou stopou je možné vidět na obrázku 5.3 [20].



Obrázek 5.3 Program AudaCity s nesestríhanou nahrávkou, ve které je nutné potlačit nepříjemný zvuk. Zdroj: Autor práce

## 6 Postup při vytváření video tutoriálů

Práce s videi vyžaduje nutné přípravy před samotným natáčením. V této oblasti hraje roli například kreativita, zkušenosti, ale i čas, který je nutný obětovat pro dosažení požadované kvality. Nejdůležitější je však nápad a myšlenka, který chce daný tvůrce předat a uskutečnit. Okolo toho by měl svoji přípravu stavět. Inspirace od ostatních tvůrců videí je zde velice vítaná, avšak z videa nesmí vzniknout plagiát. Na internetu je možné najít mnoho rad, jak při vytváření videa pokračovat. Není však určeno, čím vším by se měl daný tvůrce u každého videa řídit, protože typů videí je nespočet a v každém se může klást důraz na něco

jiného. V tomto případě se jedná o video tutoriály, a proto se začalo zaměřením na obsah. Myšlenku „Vytvoření DPS za pomoci dvou programů a hobby CNC frézky“ je zapotřebí rozdělit do částí, které budou pro diváka dostatečně zajímavé. Otázka tak je, které věci jsou relevantní pro to, aby byly zmíněné ve videu.

Samotná příprava tak začala sestrojením návrhu v programu KiCAD a seznámením se s uživatelským prostředím. Poté bylo zapotřebí zjistit, jestli je možné vytvořený návrh převést do programu FlatCAM. Aneb jestli se všechny vytvořené soubory pro frézování a vrtání otevřely v programu FlatCAM a mají takovou podobu, podle které byly v programu KiCAD navrženy. V dalším kroku bylo potřeba udělat návrh pro samotné frézování a zadat potřebné údaje z hobby CNC frézky do programu FlatCAM. Tato část se nesmí uspěchat, aby nedošlo k poškození jak DPS, tak i frézky, která bude návrh realizovat. Po nastudování problematiky celého průběhu vytvoření DPS od jejího návrhu až po výrobu už si bylo možné představit, jak bude vypadat zhruba obsah video tutoriálů. Na co se zde zaměřit, a hlavně rozebrat jednotlivé body, s kterými se muselo vypořádat v průběhu přípravy, aby budoucí tvůrce DPS nenarazil na stejný problém a pomocí video tutoriálů tak dosáhl požadovaného výsledku.

Dále bylo potřeba vyřešit, jestli je vhodné natočit pouze jeden delší video tutoriál a obsáhnout zde veškeré informace pro návrh a výrobu DPS nebo rozdělit tutoriál do více kratších videí. Na jednu stranu se jedno dlouhé video může zdát jako nejlepší volba, protože je více souvislé a divák má lepší přehled, co se děje od začátku až do konce tutoriálu. Na druhou stranu je možné se setkat s dlouhým videem, které diváka přestane po nějaké době bavit, protože mu video připadá táhlé a plně prázdného obsahu. Řeč je o času, který je vyplněn nezajímavými informacemi. Zájemce může hledat pouze konkrétní věc, s kterou má problém a v dlouhém videu jí tak nemusí najít. Krátká videa by pak měla obsahovat veškeré informace jako dlouhé video s tím, že videa by měla být rozdělena do jednotlivých důležitých částí tutoriálu. Divák však nesmí nabýt dojmu, že ve videu něco chybí. V případě tohoto tutoriálu se zvolila cesta kratších videí z vlastního uvážení a zkušeností, které byly načerpány sledováním a prací s video tutoriály v průběhu několika let.

Po promyšlení formátů videí následuje příprava na samotné natáčení. V tomto případě nebylo obtížné najít a seznámit se s programy pro toto určené, protože jsem s nimi v minulosti již pracoval. Pro natočení videa byl zvolen freeware program OBS (Open Broadcast Software), protože je to v dnešní době velice využívaný a populární program, který je vhodný právě pro snímání obrazovky, po případně kamery nebo webkamery. Pro veškerý střih

a úpravu videí byl zvolen Sony Vegas Pro 17.0. Velice prostý program, který poskytuje vše důležité, co je při práci s videi potřeba. Jak už bylo zmíněno, nejedná o profesionální program, takže je vhodný spíše pro příležitostní a kreativní účely než pro ty výdělečné. Avšak práce s videem vyžaduje i práci se zvukem. Pro tento účel byl zvolen freeware program AudaCity. Opět velice oblíbený a využívaný program, pro veškerou úpravu zvuku. V tomto případě pro odstranění šumu a nežádaných zvuků, které se ve videích objevují.

Před natáčením je potřeba napsat scénář, podle kterého je možné se řídit. To platí jak pro úplné začátečníky, tak i pro profesionály, kteří se natáčením videí živí. Je možné si vše napsat, naučit se to odříkat slovo od slova nebo si sepsat pouze body, kterých se v průběhu natáčení držet. Důležité je pak zmínit to, že natočení videa není jednorázová akce, ale je potřeba udělat více pokusů, aby se řeč a případně mimika člověka na videu blížila k uspokojivému výkonu. V průběhu natáčení se také scénář upravuje, protože je možné, že ne vše vyzní tak, jak bylo zamýšleno. S tím souvisí i příprava hardwaru a softwaru pro natáčení. Zde se jedná hlavně o mikrofon a OBS, ve kterém je nutné nastavit výslednou kvalitu videa a zvuku. Mikrofon musel být nově pořízen, protože stávající nedosahoval dostatečné kvality a zvuk ani po úpravě v programu AudaCity nebyl čistý. V pozadí byl slyšet šum a po potlačení tohoto nežádoucího prvku byla nahrávka příliš potichu, aby se dala použít ve videu.

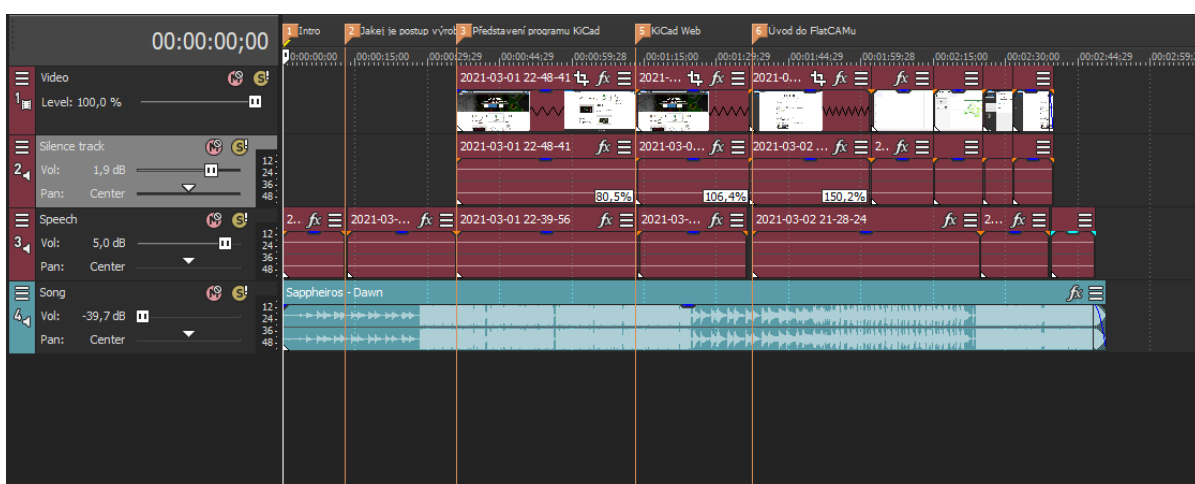
Nastavení snímání obrazu v OBS není složitou záležitostí, ale i přesto je nutné vyzkoušet několik věcí. O kvalitě výsledného videa zde rozhoduje rozlišení a počet FPS (Frames Per Second) neboli snímků, které program zachytí za jednu sekundu. Veškerá videa a filmy by měly nutně dosáhnout minimálně 60 FPS, protože to je přesně hranice, kdy většina lidí vnímá výsledný obraz jako plynulý a lidské oko nerozezná fakt, že je video tvořeno z jednotlivých snímků. Rozlišení samo o sobě rozhoduje o kvalitě videa a pro standardní natáčení se nastavuje na full HD (termín pro označení vysoké kvality), jinak řečeno širokoúhlý poměr stran (16:9) s rozlišením 1920x1080 pixelů. Pixely tvoří celkový obraz videa a každý z nich může nést jinou barvu, takže čím víc pixelů bude nahrávka obsahovat, tím kvalitnější a ostřejší obraz bude.

Nakonec je v programu potřeba nastavit vzorkovací frekvenci, která ovlivňuje kvalitu zvuku. Jak jí správně nastavit určuje Nyquistův-Shannonův vzorkovací teorém a ten nám říká, že pro to, abychom mohli lidský hlas přesně z replikovat, je nutné nastavit vzorkovací frekvenci alespoň na dvojnásobek maxima rozsahu našeho sluchu neboli 40 kHz. Lidský sluch má rozsah přibližně 20 Hz až 20 kHz. Při hodnotách menších než 40 kHz je možné, že se ve



výsledném signálu objeví nežádoucí frekvence a zvuk tak bude nekvalitní. Pro nahrávání se standartně využívají hodnoty 44,1 kHz nebo 48 kHz. Hlasitost výstupu je pak nutné otestovat a po případně změnit. Nezbytnou složkou pro práci jsou pak filtry. V tomto případě byl použit pouze filtr pro redukci šumu, který se snaží potlačit zvuky jako stisknutí tlačítek na klávesnici, polknutí a nádech. Pokud ve výsledném videu není s hlasitostí spokojenost, není nutné natáčet snímek znovu. Je zde možnost jí změnit v programu pro úpravu videa [21].

Všechny špatně natočené snímky však není zapotřebí ničit. Je možné, že se při úpravě videa bude hodit například jen část, takže je lepší vždy pracovat s více nahrávkami, z kterých pak může vzniknout pouze jedna upravená verze. Úprava videí zahrnuje věci jako je stříh, změna barvy obrazu, přidání textu, obrázků a jiné grafiky. Tento proces funguje stylem pokus omyl, kde je dobré vyzkoušet několik variant a poté si vybrat tu, kterou je možné uznat za vhodnou. Při úspěšné úpravě videa v programu Sony Vegas je na řadě program Audacity, kde se doladí poslední chyby týkající se zvuku a poté se nahrávka vloží zpátky do programu pro úpravu videí.



Obrázek 6.1 První video (nedokončené) z celého souboru video tutoriálů v programu SonyVegas jehož renderování trvá přibližně pět minut. Zdroj: Autor práce

Jako poslední věc, která je nutná udělat, je renderování videa. To znamená exportovat upravené a sestříhané video, které je v této době možné přehrát pouze v programu pro úpravu videí, do formátu jako je například mp4 nebo avi. Aby tak bylo učiněno, je důležité si vytvořit jakousi šablonu, která se pak bude využívat pro všechny ostatní videa. V programech jako je Sony Vegas bývá mnoho šablon, které jsou zde již přednastavené. Avšak ideální je udělat si svou vlastní z důvodu splnění všech parametrů, které jsou od videa očekávány. V první řadě je zapotřebí vybrat si formát. Poté je nutné, podobně jako u programu OBS, nastavit rozlišení na full HD, počet snímků za sekundu na 60 a vzorkovací frekvenci na 48 kHz. Šablona se pak

pojmenuje většinou podle toho, k čemu se využívá (v tomto případě bakalářská práce) a je možné začít proces renderování. Renderování videa využívá hlavně zdroj a grafickou kartu počítače a pro vlastníky staršího hardwaru je doporučeno v době renderování nevyužívat počítač k ničemu jinému. Při vysokém zatížení zmíněného hardwaru pak může dojít ke ztrátě kvality videa a četným chybám.

## **7 Zpracované video tutoriály**

Při zpracovávání jednotlivých videí je vždy důležité promyslet, co je důležité zmínit a co naopak vynechat, aby tutoriál nebyl přehlcený zbytečnými informacemi. Veškeré informace jsou pak vyselektovány autorem práce, který rozhodne, zda jsou vhodné k úspěšnému návrhu a výrobě DPS pomocí zmíněné metody. Ve všech částech video tutoriálu je v pozadí možné slyšet hudební podkres, který vyplňuje tišší místa videa, ale zároveň nijak nenarušuje řeč, která tvoří jeden z nejdůležitějších bodů celého tutoriálu.

### **7.1 Video tutoriál 1: Představení tutoriálu**

První video obsahuje veškeré informace, které jsou nutné vědět ještě před samotným tutoriálem. Divák musí mít ponětí, o čem tutoriál je a jestli je pro něj relevantní. To znamená, aby v průběhu tutoriálu nezjistil, že se podle tutoriálu nemůže řídit. Příkladem může být to, že se zájemce dostane až po vytvoření návrhu DPS v programu KiCAD, a až pak by se dozvěděl, že k samotné výrobě plošného spoje potřebuje hobby CNC frézku, kterou samozřejmě nemusí vlastnit. Zájemce pak z prvního videa může vidět, jakým stylem je video zpracováno a co může očekávat od těch ostatních. Tato důležitá věc taky ovlivňuje fakt, jestli zájemce bude v tutoriálu pokračovat nebo si najde jiný.

Na začátku video tutoriálu je intro, které představuje divákovy, co je hlavní náplní video tutoriálu. Tato část se opakuje v každém videu, aby divák při spuštění libovolného videa z tutoriálu věděl, o co se jedná. Tento fakt napomáhá taky tomu, že divák pozná, že snímek, který si otevřel, je jedno z 11 videí, který tvoří jeden tutoriál a nenarazil tak na úplně jiný soubor tutoriálů. Poté následuje stručný popis toho, co celý video tutoriál obsahuje, jaký je postup a s jakými prvky se bude pracovat. Zmínka je tedy o pracování v programu KiCAD, vytvoření návrhu, exportování návrhu z programu KiCAD v podobě gerber a excellon souborů a výsledném zpracování na hobby CNC frézce.

V dalším bodě je řeč o programu KiCAD. Jedná se o krátké představení programu, kde se divák dozví o tom, co přesně je KiCAD za program, kde je možné ho stáhnout, jaké prvky obsahuje a k čemu slouží. Shrnutí je zde pouze hlavních třech – Schematic Capture, PCB layout a 3D viewer. V téhle chvíli jsou na videu promítány oficiální stránky programu KiCAD jako podkres, kde si může divák udělat menší obraz o tom, s čím bude asi pracovat. Součástí toho jsou i zajímavosti, které lze na stránkách najít, ale nejsou pro tento projekt až tak podstatné. Zmíněné jsou zde hlavně z toho důvodu, aby zájemce po zhlédnutí tutoriálů věděl, kde najít další potřebné věci k vytvoření složitějších věcí a věděl tak, kde čerpat informace a po případně inspiraci.

Hned po představení programu KiCAD se video zaměřuje na program FlatCAM. Obdobně jako u programu KiCAD jsou zde zmíněny informace jako je hlavní využití programu a užitečné rady v podobě manuálu, který je plně v angličtině a dostupný na oficiálních stránkách. Na videu je pak vidět krátký sestřih oficiálních stránek a ukázka vložení gerber souborů do programu FlatCAM. Video končí rozloučením a dvěma větami o tom, co obsahuje následující video v tutoriálu.

## **7.2 Video tutoriál 2: KiCAD – Úvod do programu**

V této části tutoriálu padá zaměření na Schematic Capture a jeho jednotlivé funkce v programu KiCAD, které hrají roli při konstrukci budoucího návrhu. Video začíná úvodním nástrojem programu KiCAD, který slouží jako takový správce, který propojuje všechny ostatní nástroje v programu. Potom video diváka vede k prvnímu kroku, a to založení složky s názvem jeho projektu. Následuje otevření prvního nástroje – Eeschema. Pro člověka, který vidí tento program poprvé, může být lehce matoucí, a tak se video ubírá takovým směrem, který mu vysvětlí, s čím vším bude pracovat. Velmi důležitá věc, která je zde zmíněna, je i pohyb, kterým se na pracovní ploše dá orientovat. Plochu je možné přiblížit, oddálit, ale i posunout. Zahrnutý jsou zde všechny hlavní funkce nástroje. V dalším bodě je pak divákovi ukázáno, jakým stylem se v návrhu bude postupovat. K tomu slouží obrázek 3.1, který popisuje vytváření schématu od začátku až dokonce.

Toto video je ze všech nejkratší a jsou zde podány informace velice obecně. Cíl videa je takový, aby se zájemce seznámil s prvními kroky, které bude muset udělat pro vytvoření vlastního plošného spoje. V této chvíli je totiž pořád na začátku a může se rozhodnout, jestli zvolí jiný tutoriál nebo ho to utvrdí v tom, že chce pokračovat. Obdobně jako u prvního videa, se končí rozloučením a velice krátkým popisem, co obsahuje další video.

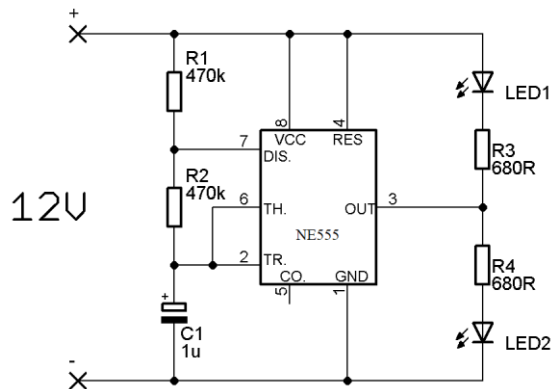
### 7.3 Video tutoriál 3: KiCAD – Umístění a práce se součástkami

Třetí video tohoto tutoriálu už se zabývá využitím určitých funkcí nástroje Eeschema. Dochází zde k situaci, kdy je nutné zamyslet se, jak zájemce provést celým programem a ukázat mu veškeré funkce, které program nabízí. Výsledkem toho je obvod, který byl zvolen jako ideální příklad pro využití různorodých funkcí.

Na začátku videa je divákovi ukázán referenční obrázek obvodu, který bude jako příklad sloužit po celou dobu video tutoriálu. Jedná se o blikáč. Zapojení časovače, třech rezistorů, potenciometru, polarizovaného kondenzátoru, dvou diod a zdroje v podobě svorek. Velice primitivní obvod, který je jako příklad velice vhodný. Video pokračuje vložením prvního symbolu, který představuje součástku. Jedná se právě o časovač, který jako jediný má přesnější popis součástky a to „NE555“. Zájemci je taky vysvětleno, že názvy součástek jsou v angličtině, takže při jejich hledání je nutné použít taky anglický název nebo zkratku. Ve videu je vidět, že není zapotřebí vždy hledat symbol podle názvu, ale je možné ho hledat taky podle vzhledu.

Když je časovač umístěn na pracovní ploše, tak na řadu přichází představení základních úkonů, které umožňují pohyb a práci se součástkami na denní bázi. Je zde zmíněné doporučení využití klávesových zkratk. Některým lidem používání klávesových nemusí vyhovovat. Fakt je ale ten, že když si zájemce navykne na tyto základní zkratky, ušetří mu tento postup hodně času. Řeč je o pohybu součástek pomocí klávesy „M“, rotaci součástky pomocí klávesy „R“, kopírování součástky pomocí klávesy „C“ a vrácení poslední úpravy klávesami „CTRL+ Z“.

Konec videa se věnuje třem rezistorům. Po umístění prvního z nich se rozebírají popisky, které jsou u symbolu pro rezistor. Je zde vysvětleno, jaké informace se do popisků vkládají. Dále jsou popisky vyplněny podle referenčního obrázku. Poté se rezistor kopíruje a zájemci jsou představeny výhody, kterých při kopírování dosáhne. Video končí.



Obrázek 7.1 Blikač – referenční obvod, který je využíván ve videu.  
Převzato a upraveno z [22].

## 7.4 Video tutoriál 4: KiCAD – Optimalizace schématu

V tomto videu dochází k návratu k obvodu blikače, který se stanovil pro video jako referenční předloha pro vyzkoušení různých funkcí. To, že se pracuje podle předlohy indikuje, že je snaha o využití všech funkcí programu k dosažení skoro přesné kopie blikače.

Po vložení několika součástek z obvodu na pracovní plochu následuje vložení zbylých součástek, které jsou potřeba pro kompletní sestavení blikače. Tento postup je ve videu urychlen, protože zde byly již ukázány zájemci dva příklady, podle kterých by měl v praxi zvládnout vložit jakoukoliv součástku, kterou bude hledat, a tudíž nepotřebuje více příkladů. Tutoriál se v jisté chvíli dostane do bodu, kdy jsou všechny potřebné součástky na pracovní ploše a je potřeba je poskládat podle referenčního obvodu. To se tak stane, ale dojde se k tomu, že vývody vloženého časovače nejsou ve stejném směru jako na obrázku. Prakticky o nic nejde, ale jde o to dosáhnout kopie obvodu a zároveň se tak znázorňuje, jak postupovat při složitějších obvodech, protože odlišné umístění vývodů taky rozhodí umístění vodičů. Tento problém je ve videu řešen třemi způsoby, aby zájemce viděl, jak se dá v takových situacích postupovat.

První způsob je nedodržení kopie vzhledu obrázku. Jde o to přemístit součástky tak, aby výsledné propojení vodiči nebylo chaotické a dalo se ve schématu snáze vyznat. Druhý způsob je využití globálních označení. Jedná se o funkci v programu KiCAD, která umožňuje propojení dvou a více bodů, aniž by byly vizuálně spojeny. Dosáhne se tak umístěním značek, které musí mít stejný popis, aby došlo k propojení. Třetí a nejelegantnější způsob je menší úprava součástky. Ve videu dojde k otevření editoru, kde se názorně ukazuje, jak danou úpravu provést. Jedná se o přemístění vývodů a o změnu jejich popisků. Poté se součástka uloží a obvod se jednoduše propojí, jak je znázorněno na obrázku. Video končí.

## 7.5 Video tutoriál 5: KiCAD – Footprinty a popis schématu

Ačkoliv se náplň pátého videa tutoriálu odehrává pořád v nástroji pro vytvoření schématu, v této části se připravuje obvod pro práci v dalším nástroji a to Pcbnew. Do téhle doby zájemce pracoval jen se symboly obvodu, s kterými už se mohl setkat. Teď se však budou symboly nahrazovat reálným vzhledem součástek.

Video začíná informací o práci s footprinty a krátkým vysvětlením tohoto pojmu. Zájemci je předkládán způsob, jakým je možný najít footprint součástky, kterou bude chtít využít v jeho výsledné DPS. Je zde zmíněná stránka Mouser, která obsahuje velikou škálu součástek a hlavně informací, které jsou potřeba při hledání správné součástky v knihovně s footprinty. Většinou se jedná o pouzdro součástky a způsob, jakým je součástka připevněna na destičku. Ve videu se pracuje s footprinty časovače a jednoho z rezistorů. Po této ukázce následuje opět zrychlení videa, protože se u ostatních součástek postupuje stejným způsobem.

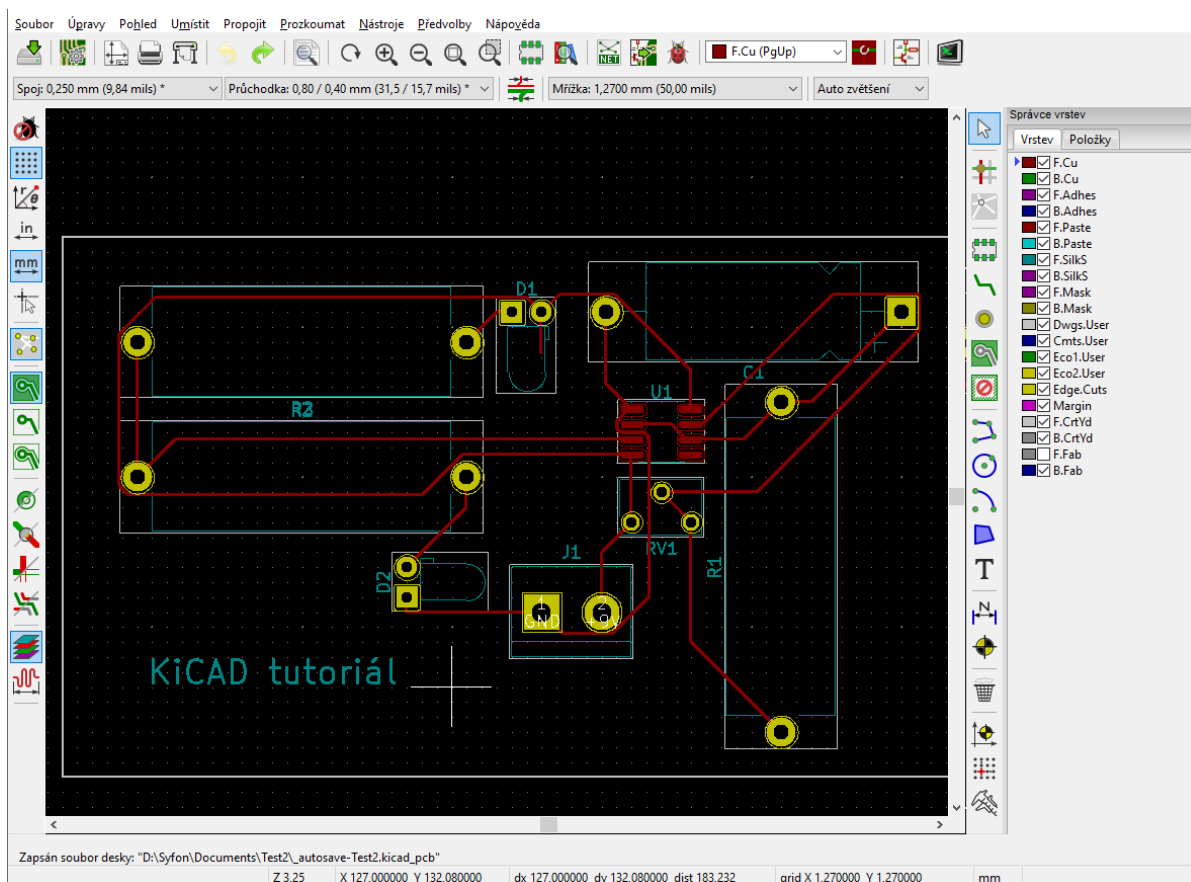
Schéma je v této době plně připraveno k exportování do netlistu neboli souboru, s kterým se pracuje v nástroji Pcbnew. Následuje krátká zmínka o využití klávesových zkratk k úpravě popisků. Ke konci videa jsou však zmíněny ještě další drobné funkce, které při vytváření schématu mohou občasné přijít k užítku. Jedná se o textové pole, zvýraznění sítě či ohraničení. Video končí.

## 7.6 Video tutoriál 6: KiCAD – Sestavení součástek v Pcbnew

V této chvíli končí práce s nástrojem Eeschema. Na řadu přichází nástroj Pcbnew, který má podobné prostředí jako Eeschema. Protože se však jedná o práci s něčím novým, je zájemce obeznámen se základními prvky nástroje. Při sestavování součástek na destičce a následným vytváření plošných spojů dochází k přeskočení samotného aktu, protože je zde zájemci vysvětleno, že se nejedná o jednoduchou a rychlou záležitost.

Na začátku je zájemci rychle ukázáno a vysvětleno, jak vytvořit netlist a načíst ho v nástroji Pcbnew. Před tím však probíhá kontrola sestaveného schématu, aby došlo k ujištění, že všechny součástky jsou správně propojeny a nic ve schématu nechybí. Na pravém panelu se nachází široký seznam vrstev. Je zde zmínka o tom, jakých vrstev si má zájemce všimnout, co představují a s jakými pracovat zřejmě nebude. Následuje vysvětlení nejdůležitější a nejtěžší části, a to uspořádání součástek na destičku. Po urychlení tohoto segmentu přichází vedení plošných spojů. Ty jsou vedeny po mřížce, která se dá nastavit společně s tloušťkou plošného spoje. Pracuje se s výchozím nastavením, ale jde hlavně o zmínku, aby zájemce věděl, že se

tyto prvky dají nastavit. Zbytek součástek je rychle propojen a video končí informacemi o dalším videu.



Obrázek 7.2 Jeden z mnoha nepovedených pokusů o uspořádání součástek na DPS.  
Zdroj: Autor práce

## 7.7 Video tutoriál 7: KiCAD – Dokončení návrhu DPS

Jedná se o předposlední video v programu KiCAD. Ve stavu, ve kterém skončil návrh po úpravě v předešlém videu, je možné přejít rovnou k exportování návrhu do gerber a excellon souborů. Podstatné je však zmínit i další funkce programu, které buď zájemce nemusí vůbec využít nebo se používají u složitějších návrhů. Tyto informace by mohl v budoucnu potřebovat a nemusel by tak hledat jiný tutoriál nebo číst návod.

Na začátku videa je rychlá rekapitulace toho, co se stalo v minulém videu. Následuje vytvoření okrajů destičky. Tento prvek není nutný pro finální výrobu DPS, protože v programu FlatCAM je možné vygenerování okrajů destičky podle zadaných parametrů. Někdy je však potřeba pracovat se zadanou velikostí destičky. Po vytvoření destičky následuje

představení funkcí, pomocí kterých je na destičku možno něco promítnout. Týká se to například otvorů pro montáž nebo popisků. Ty jsou ve tvaru buď textového pole, loga či různých objektů, které je na destičce možné promítnout. Montážní díry a loga se musí vkládat zvlášť přes funkci vkládání pouzder.

Poté se video zaměřuje na 3D prohlížeč. Není to funkce, bez které by nebylo možné DPS navrhnout, ale umožní zájemci se podívat na finální vzhled jeho DPS. Případně pak může zvážit lehkou úpravu návrhu kvůli problému, kterého si na destičce může všimnout. Úplně poslední funkce, která je ve videu zmíněna, je přidání vyplněné oblasti a informace o tom, v jakém případě je dobré ji využít. Následuje kontrola funkčnosti obvodu jako u schématu v nástroji Eeschema a nakonec je zájemce veden k exportování jeho návrhu do gerber a excellon souborů. V posledních větách je zájemce obeznámen, že v dalším videu bude pracovat s programem FlatCAM.

## **7.8 Video tutoriál 8: FlatCAM – Návrh frézování p. spojů**

Oproti programu KiCAD, FlatCAM nepodporuje češtinu a jedná se o program, který je už od prvního pohledu zaměřený i na kódování. Proto je důležité seznámit zájemce s tím, co čeho si má všimnout a co nemá brát v potaz. FlatCAM má v sobě velikou škálu funkcí. Velká část z nich v tutoriálu není zmíněna a to proto, protože nejsou při výrobě DPS zapotřebí nebo je jejich využití nad rámec schopností člověka, co nikdy neupravoval zdrojový kód v programu. Celkové zaměření se tak soustředí na vložení informací o frézce a na programem vygenerované cesty.

Úvod videa začíná seznámením s prostředím programu. Zmínka je i o nastavení, které je v některých případech nutné změnit a o angličtině, která bude provázet tuto část tutoriálu. Následuje cesta k vložení gerber souborů do programu. Zájemce je obeznámen se soubory, které se mu uložily v programu KiCAD a je mu řečeno, s jakými bude pracovat. Ačkoliv došlo k vložení jak plošných spojů, tak okrajů destičky, tutoriál se ubírá nejdříve k plošným spojům. V této době hraje důležitou roli vizuální složka videa, protože jmenování všech anglických slov při jednotlivých úkonech není na místě. Začíná část nastavování jednotlivých parametrů pro frézování všech plošných spojů. Zájemci je v této době řečeno, jakých políček si má všimnout a kterých ne. Zároveň je zde řečeno nebo ukázáno, jaká hodnota je pro referenční obvod použita. Jeden ze zmíněných parametrů je například průměr nástroje. Ke správnému určení minimálního průměru nástroje, který je vhodný pro frézování plošných spojů, je zde ukázána práce s kalkulačkou, která je součástí programu.



Po nastavení všech důležitých položek je programem vygenerovaná trasa pro frézování. V této části se však jedná o takzvanou geometrii, která není finálním výsledkem. Zájemci je tudíž vysvětlena další práce s jednotlivými poli, do kterých musí zadat určité hodnoty. V závěru videa se vygeneruje další trasa, která je poté uložena v podobě g-code souboru. Tento soubor je pak možné vložit do programu frézky, podle kterého se bude řídit. V této finální trase jsou možné vidět veškeré pohyby frézky od počátečních souřadnic až po frézování jednotlivých plošných spojů. Zároveň je zde taky vidět velikost mezer, které frézka mezi plošnými spoji udělá. Video opět končí krátkým shrnutím obsahu dalšího videa.

## **7.9 Video tutoriál 9: FlatCAM – Návrh vrtání a frézování DPS**

Deváté video tutoriálu zakončuje část týkající se návrhu plošného spoje. Po zhlédnutí tohoto videa by měl zájemce již umět navrhnout a exportovat svůj vlastní plošný spoj do g-code souborů, podle kterých by měl program ve frézce postupovat.

Video začíná rychlou rekapitulací minulého videa. Následuje návrh cesty pro vrtání. Excellon soubor byl importován již minule, takže je možné pracovat rovnou s potřebnou vrstvou. Jediné, co je potřeba udělat, je zviditelnit ji. V nastavení pro vrtání je opět vysvětleno, kterým políčkům dávat pozornost a jakým nikoliv. Jedná se přece jenom o vrtání, které se od frézování liší v několika bodech. Je zde zmíněná i informace, aby zájemce nezapomněl nastavit ideální konečnou výšku nástroje, aby nedošlo k poškození nástroje. Podobně pak jako u plošného spoje se cesta vygeneruje a uloží v g-code souboru.

Druhá část videa je věnována návrhu pro frézování okrajů destičky. Opět je zde sekce, kde je zájemci vysvětlováno, jakých parametrů by si měl všímat. Nastavení se od návrhu frézování plošného spoje trochu liší. Například v tom, že je možné vytvořit několik míst mezi destičkou a materiálem, které po frézování drží destičku na místě. Zabraňuje se tak pohybu, který destička těsně před odpadnutím od zbytku materiálu může udělat. Nakonec se vygeneruje cesta, která se uloží v g-code souboru. Video končí informacemi o tom, co by měl zájemce v dosavadní chvíli zvládnout a je mu dáno na výběr, jaké z dalších dvou videí může zhlédnout.

## **7.10 Video tutoriál 10: KiCAD – Další užitečné funkce**

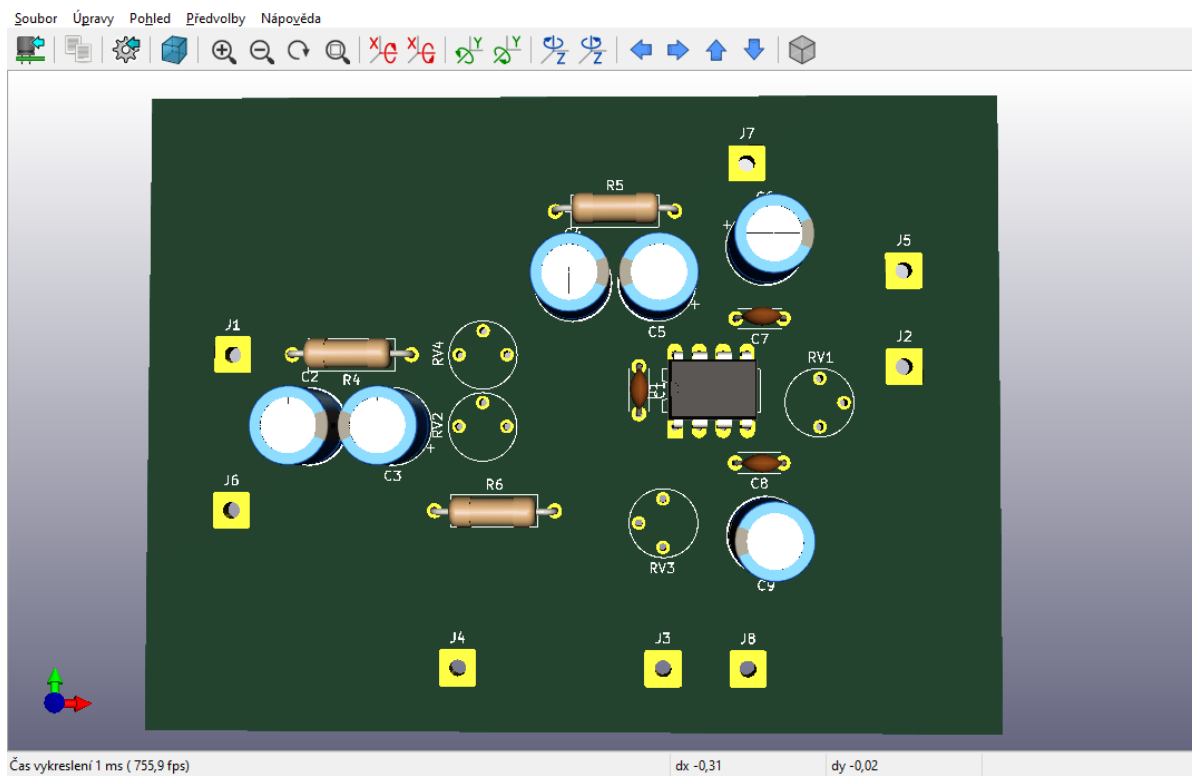
Bylo by obtížné obsáhnout všechny užitečné informace týkající se programu KiCAD. Proto se v průběhu celého tutoriálu pracuje jen s těmi, s kterými zájemce bude nejspíš vždy přicházet do styku. I přesto je však dobré zmínit další funkce, které jsou v mnoha příležitostech

užitečné, ale narušovaly by plynulost tutoriálu. Proto bylo natočeno toto separátní video, kde je možné najít několik z nich.

Video začíná rychlým představením obsahu videa. Následuje vysvětlení postupu pro vytvoření nového symbolu, který reprezentuje součástku. V této chvíli se video zaměřuje na editor součástek, kde je nutné nahrát součástku buď již do stávající knihovny nebo jak je ukázáno ve videu, je možné si vytvořit vlastní. Jako příklad symbolu pro součástku je uváděn rezistor, který je v tu dobu chápán jako potřebná součástka, která v knihovně chybí, a tak je nutné ji vytvořit. Celý proces probíhá rychle a jde spíš o vizuální složku videa, protože je předpokládáno, že po videu, kde se upravoval časovač, už zájemce ví, jak se zachází s nástroji pro úpravu. Součástka je poté názorně ukázána při práci se schématem. Jako další funkce, která je zájemci představována, je footprint a jeho vytvoření. Zde se pracuje s informacemi jednoho z rezistorů (datasheet), který je možný najít na stránce Mouser. Podobně jako u symbolů je nutné si vybrat, v jaké knihovně bude nový footprint uložen. Práce s editorem je jednoduchá, avšak ne až tak praktická. Jde o určení správných rozměrů součástky. Aby se dosáhlo určité velikosti, je nutné pozměnit parametry mřížky, podle které se pak vedou jednotlivé čáry a například i podložky rezistoru, jak je znázorněno ve videu. Nakonec je součástka přeměřena a názorně vložena do nástroje Pcbnew.

## **7.11 Video tutoriál 11: Vyhotovení DPS na hobby CNC frézce**

V předešlých videích bylo názorně ukázáno, jak dojít od vytvoření schématu až po vygenerování g-code souborů. Tady to video zastřešuje celý video tutoriál a to tak, že je stejným způsobem výroby vytvořen plošný spoj, který je následně vyfrézován pomocí hobby CNC frézky. Jedná se o jiné schéma, než se kterým se pracovalo v minulých videích, protože práce s tímto odlišným plošným spojem trvá déle a pro využití v tutoriálu by se tak nehodil. Zde se jedná jen o krátký sestřih návrhu, po kterém následuje hlavní část videa, frézování. Video začíná několika větami o tom, co se ve videu bude dít. Je zde zmínka například o tom, že se pomocí programů KiCAD a FlatCAM zrychleně vytvoří další plošný spoj. Konkrétně PID regulátoru. Na videu je pak možné vidět prostřihy z návrhu PID regulátoru až po vygenerování souborů pro frézování a vrtání děr. Ty se v dalším záběru vloží do programu FlatCAM, kde je znázorněno vyplnění několika polí pro vygenerování cest pro frézování. Nakonec se video dostane do fáze, kdy je možné DPS vyrobit. Následují prostřihy na hobby CNC frézku, na které se v tu dobu frézuje DPS. Vyhotovená destička je po frézování názorně ukázána, přičemž celý tutoriál končí poděkováním ze strany tvůrce.



Obrázek 7.3 3D model návrhu plošného spoje, který je poté vyfrézován.  
Zdroj: Autor práce

## 8 Závěr

Výsledkem práce je jedenáct vypracovaných video tutoriálů, které obsahují veškeré informace pro návrh a výrobu jednoduchého plošného spoje. Všechna videa jsou dostupná na webové stránce vedoucího práce: <http://home.pf.jcu.cz/~kyklop/SERYM/>

Příprava pro psaní práce a natáčení videí zahrnovala prostudování materiálů k programům KiCAD a FlatCAM, které sloužili k návrhu DPS a návrhu cesty pro frézování plošných spojů, děr a okrajů destičky. Přečtení samotného manuálu však nestačilo a bylo potřeba si vyzkoušet udělat nejméně tři takovéto návrhy. S každým dalším návrhem plošného spoje jsem se potýkal s novými problémy, které byly potřeba vyřešit pomocí jiných funkcí programu. Následně bylo zapotřebí vyzkoušet programy, které byly použity pro natáčení a úpravu videí. Netrvalo dlouho, abych oprášil mé zkušenosti s těmito programy a mohl se pokusit o zkušební video. V této chvíli jsem přišel na to, že můj dosavadní mikrofon nedosahuje dostačující kvality, aby byl využit pro natáčení těchto videí. Pořídil jsem tak nový a začal natáčet. V hlavě už jsem měl představu o tom, o čem videa budou a co v nich chci zmínit. Bylo však potřeba vypracovat scénář, podle kterého jsem se v průběhu videa držel. V průběhu natáčení však docházelo k dalším problémům, které byly potřeba vyřešit nebo jsem prací s programy nacházel další využití jednotlivých funkcí a tím pádem se některá videa musela točit několikrát. Všechny záběry se pak sestříhaly a upravily. Snažil jsem se vytvoření krátkých videí, které nemají hluchá místa a poskytnou tak divákovi co nejvíce informací v krátkém čase. Ve výsledku tak z více než půl hodinového záběru vzniklo tři až čtyř minutové video. Na závěr jsem celý soubor videí zhlédl a udělal si poznámky o malinkých úpravách, které byly zapotřebí ještě udělat, protože pohled na celý tutoriál se od pohledu na jednotlivé video znatelně liší. S výsledkem práce jsem spokojen i přesto, že se jedná o amatérská videa, protože hlavním bodem této práce je poskytnout zájemci informace o daném stylu výroby DPS, a to bylo splněno.

## Seznam použitých zkratek a pojmů

DPS	destička plošných spojů
SMD	součástka pro povrchovou montáž (Surface Mount Device)
THT	součástka s drátovými vývody (Through-Hole Technology)
CAD	počítačem podporované projektování (Computer-aided design)
3D	třírozměrný prostor
Freeware	bezplatný software
Open source	software s otevřeným zdrojovým kódem
OBS	program na natáčení videí (Open Broadcast Software)
PID	proporcionálně integračně derivační regulace
LED	světelná dioda (Light-Emitting Diode)
Footprint	obrázek, který zastupuje reálný vzhled součástky
G-code	typ souboru, kterým se program ve frézce řídí
V-shape	tvár podobající se písmenu V (má špičatý hrot)
Datasheet	výrobní informace o součástce

## Literatura

- [1] PLÍVA, Zdeněk. Z historie plošných spojů. DPS Elektronika od A do Z [online]. Liebereg: CADware s.r.o, 2010, září 2010, (1), 66 [cit. 2021-04-12]. ISSN 1805-5044. Dostupné z: [https://www.mikrozone.sk/soubory/downloads/print/dps-az/1/zajimavosti-z\\_historie\\_plosnych\\_spoju.pdf](https://www.mikrozone.sk/soubory/downloads/print/dps-az/1/zajimavosti-z_historie_plosnych_spoju.pdf)
- [2] CAVETTER C., FORD N. David. How Printed Circuit Boards are Made [online]. Dostupné také z: <http://www.madehow.com/Volume-2/Printed-Circuit-Board.html>
- [3] What is a Printed Circuit Board (PCB)? [online]. Printed Circuits LLC. Dostupné z: <https://www.printedcircuits.com/what-is-a-pcb/>
- [4] Plošný spoj [online] Dostupné také z: <https://publi.cz/books/396/01.html>
- [5] PEŠKA, R. Plně flexibilní plošné spoje přichází [online]. Vývoj HW – Profesionální elektronika. Poslední změna 15.04.2019. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/plne-flexibilni-plosne-spoje-prichazi.html>
- [6] KLAUZ, Milan. Programy pro návrh DPS. DPS Elektronika od A do Z [online]. Liebereg: CADware s.r.o, 2013, listopad, 4(6), 1 [cit. 2021-04-12]. ISSN 1805-5044. Dostupné z: <https://www.dps-az.cz/cad-cam-cae/id:4602/programy-pro-navrh-dps>
- [7] CHARRAS, J. HOLLENBECK, D. STAMBAUGH, W. About KiCad [online]. KiCad EDA – Schematic Capture & PCB Design Software. Dostupné z: <https://kicad.org/about/kicad/>
- [8] CHARRAS, J. HOLLENBECK, D. STAMBAUGH, W. Reference manual [online]. KiCAD. Dostupné z: <https://docs.kicad.org/5.1/en/kicad/kicad.html>
- [9] CHARRAS, J. HOLLENBECK, D. STAMBAUGH, W. Getting Started in KiCAD [online]. KiCAD. Dostupné z: [https://docs.kicad.org/5.1/en/getting\\_started\\_in\\_kicad/getting\\_started\\_in\\_kicad.html](https://docs.kicad.org/5.1/en/getting_started_in_kicad/getting_started_in_kicad.html)
- [10] CARAM, P. J. FlatCAM Disclaimer [online]. FlatCAM: PCB Prototyping CAD/CAM. Dostupné z: <http://flatcam.org/disclaimer>
- [11] CARAM, P. J. Welcome to FlatCAM's documentation! [online]. FlatCAM: PCB Prototyping CAD/CAM. Dostupné z: <http://flatcam.org/manual/index.html>

- [12] Výroba plošných spojov fotocestou v malých množstvách [online]. Vývoj HW – Profesionální elektronika. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vyroba-plosnych-spojov-fotocestou-v-malych-mnozstvach.html>
- [13] MARUŠÁK, Martin. Výroba DPS nažehlením toneru [online]. Vývoj HW – Profesionální elektronika. Dostupné také z: <https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vyroba-dps-nazehlenim-toneru.html>
- [14] REZONIT, PCB production technology (full movie). YouTube [online] 2019. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Su0PIw5OaYQ>
- [15] HÁJEK, Jan. Automatická výroba desek plošných spojů. Automa – časopis pro automatizační techniku [online]. FCC public, 2013, září, 19(8-9), 3 [cit. 2021-04-12]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: [https://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf\\_articles/10589.pdf](https://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/10589.pdf)
- [16] Výběr správné CNC frézky [online]. ABE.TEC – Vybavení průmyslových firem. Dostupné z: <https://www.abetec.cz/cnc-frezky/vyber-spravne-cnc-frezky/>
- [17] Frézování v kostce [online]. STEELTEC. Dostupné z: <https://www.steeltec.cz/frezovani-v-kostce/>
- [18] ŠVRČINA, Josef. Vrtání a vyvrtávání [online] Dostupné také z: [https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/\\_sablony/Praxe\\_II\\_a\\_III/VY\\_52\\_INOVACE\\_H-02-31.pdf](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-31.pdf)
- [19] VEGAS [online]. VEGAS Creative Software – Faster. More creative. Endless possibilities. Dostupné z: <https://www.vegascreativesoftware.com/ca/>
- [20] AUDACITY, effects [online]. Audacity – Free, open source, cross-platform audio software for multi-track recording and editing. Dostupné z: <https://www.audacityteam.org/about/features/effects/>
- [21] Nyquistův-Shannonův vzorkovací teorém. Wikipedie [online]. Dostupné také z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Nyquist%20%AFv%E2%80%93Shannon%20%AFv\\_vzorkovac%C3%AD\\_teor%C3%A9m](https://cs.wikipedia.org/wiki/Nyquist%20%AFv%E2%80%93Shannon%20%AFv_vzorkovac%C3%AD_teor%C3%A9m)
- [22] Železniční blikáč s NE555 [online]. Hobbyelektro – Elektronické konstrukce. Dostupné z: <https://www.hobbyelektro.eu/zeleznicni-blikac-s-ne555/>

## Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Popis postupu pro návrh plošného spoje od jeho vzniku až po exportování do gerber a excellon souborů. ....	11
Obrázek 3.2 Nástroj Pcbnew v programu KiCAD s vyhotoveným plošným spojem, který využívá pouze jednu stranu destičky.....	13
Obrázek 3.3 Program FlatCAM po vložení gerber souboru s plošným spojem .....	14
Obrázek 5.1 Program OBS, na kterém jsou vidět scény, nastavení hlasitosti a náhled právě aktivní scény.....	20
Obrázek 5.2 Vzhled programu Sony Vegas po jeho spuštění. Ve spodní části lze najít časovou osu, v pravé horní části okno pro náhled videa a v levé horní části okno pro výběr efektů.....	21
Obrázek 5.3 Program Audacity s nesestříhanou nahrávkou, ve které je nutné potlačit nepříjemný zvuk.....	22
Obrázek 6.1 První video (nedokončené) z celého souboru video tutoriálů v programu SonyVegas jehož renderování trvá přibližně pět minut .....	25
Obrázek 7.1 Blikač – referenční obvod, který je využíván ve videu .....	29
Obrázek 7.2 Jeden z mnoha nepovedených pokusů o uspořádání součástek na DPS ..	31
Obrázek 7.3 3D model návrhu plošného spoje, který je poté vyfrézován .....	35