

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Přírodovědecká fakulta**

**Využití open-source nástroje KiCAD pro  
realizaci ostrovního nabíjecího systému.**

Bakalářská práce

**Tomáš Liška**

Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý, Ph.D.

České Budějovice 2018

Liška, T., 2018: Využití open-source nástroje KiCAD pro realizaci ostrovního nabíjecího systému [Using the open-source KiCAD tool to implement an island charging system, Bc. Thesis, in Czech.] - 55 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

## **Abstrakt**

Tématem této bakalářské práce je vytvoření uceleného textu použití návrhového nástroje KiCAD pro návrh a realizaci elektronických obvodů a dat pro výrobu desek plošných spojů. Cílem je vytvoření výrobních podkladů, které v praxi budou sloužit k výrobě desky plošných spojů.

V aplikační části bude deska plošných spojů použita ve spojení s řídicím systémem k realizaci ostrovního nabíjecího systému.

Klíčová slova: KiCAD, DPS, Arduino, deska plošného spoje, nabíjecí stanice, open-source, Gerber.

## **Abstract**

The subject of this bachelor thesis is creation of a complex text using the design tool KiCAD for the design and realization of electronic circuits and data for the production of printed circuit boards. The aim is to create production data that will be used for the manufacture of printed circuit boards.

In the application section, the printed circuit board will be used together with a control system to implement an island charging system.

Key words: KiCAD, DPS, Arduino, printed circuit board, charging station, open-source, Gerber.

## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 05. 04. 2018

-----

Tomáš Liška

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Michalu Šerému, Ph.D. za jeho užitečné rady a odborné poradenství. Poděkování patří i mému kolegovi Ing. Martinovi Kudrlemu za dodaný hardware a rady v oblasti programovacího jazyka C a také Ing. Vladimírovi Markovi za pomoc s nastavením návrhových pravidel při tvorbě desek plošných spojů.

# Obsah

1	Úvod. ....	1
2	Rozbor návrhu nabíjecího systému.....	2
2.1	Stanovení cílů práce.....	2
2.2	Charakteristika programu KiCAD. ....	3
2.3	Rozbor možností programu KiCAD. ....	3
2.4	Možnosti řízení ostrovního systému. ....	4
2.5	Platforma Arduino. ....	4
3	Návrh v programu KiCAD. ....	7
3.1	Návrh schématu – modul Eeschema. ....	7
3.1.1	Popis prostředí modulu Eeschema.....	7
3.1.2	Návrh elektrického schématu. ....	10
3.1.3	Editor schématických značek. ....	11
3.1.4	Kontrola elektrického schématu. ....	13
3.1.5	Export elektrického schématu. ....	14
3.1.6	Generování netlistu.....	15
3.1.7	Přiřazení pouzder součástkám. ....	15
3.2	Návrh desky plošných spojů. ....	17
3.2.1	Popis modulu Pcbnew. ....	17
3.2.2	Nastavení parametrů a načtení dat z netlistu. ....	19
3.2.3	Rozmístění součástek. ....	21
3.2.4	Routování neboli návrh vodivých spojů.....	24
3.2.5	Kontrola návrhu desky plošných spojů. ....	26
3.2.6	Export dat pro výrobu.....	27
3.3	Prohlížeč gerber dat. ....	29
3.3.1	Popis modulu GerbView. ....	29
4	Návrh a realizace ostrovního nabíjecího systému. ....	31

4.1	Řídicí systém ostrovního nabíjecího systému.....	31
4.2	Řídicí systém PWM.....	31
4.3	Řídicí systém MPPT.....	31
4.4	Požadavky na ostrovní nabíjecí systém.....	32
4.5	Návrh řídicího systému.....	32
4.6	Návrh ostrovního nabíjecího systému.....	33
4.6.1	Elektrický návrh ostrovního nabíjecího systému.....	34
4.6.2	Mechanický návrh ostrovního nabíjecího systému.....	36
4.6.3	Návrh softwaru pro ostrovní nabíjecí systém.....	38
4.7	Kompletace ostrovního nabíjecího systému.....	41
4.7.1	Osazení desky plošných spojů.....	41
4.7.2	Montáž ostrovního nabíjecího systému.....	43
4.7.3	Popis funkce ostrovního nabíjecího systému.....	46
5	Závěr.....	48
6	Seznam obrázků.....	49
7	Reference.....	51
8	Přílohy.....	54

# 1 Úvod.

V době rozvoje techniky se setkáváme stále více s domácími návrhy elektrických sestav, které se stále více podobají komerční výrobě a výroba plošných spojů u profesionálních firem pro domácí použití je již téměř standartní postup.

K těmto účelům slouží celá řada návrhových programů pro tvorbu elektronických schémat a pro tvorbu desek plošných spojů, např. jako Eagle [1], CR-8000 [2], KiCAD [3], které se souhrnně nazývají eCAD programy. Mezi návrhové systémy, které se využívají pro tvorbu 3D modelu a následné zpracování výrobní dokumentace patří např. SolidWorks [4], NX CAD [5], které nazýváme mCAD programy.

Ze zmíněných programů je pouze KiCAD veden pod licencí open-source [6] a je šířen zdarma a jeho zmapování v podobě uceleného textu je krokem k rozšíření nejen mezi amatérské použití v oblasti nasazení při návrhu elektronických sestav, ale i v oblasti firemního prostředí.

Na tento trend amatérské výroby navazuje platforma Arduino [7], které přiblížila použití mikropočítačů a jejich programování i mezi zájemce bez odborných znalostí.

Tato práce si klade za cíl vytvořit ucelený návod na návrh a tvorbu desky plošných spojů pomocí softwaru KiCAD, který umožní v amatérských podmínkách vytvořit výrobní data, která jsou použitelná při profesionální výrobě. Touto deskou plošných spojů bude v praktické části realizované řízení ostrovního nabíjecího systému.

## 2 Rozbor návrhu nabíjecího systému.

Motivací pro tvorbu ostrovního nabíjecího systému je nezávislost na připojení do elektrické sítě. Při návrhu tohoto systému je nutné brát v potaz např. energetickou náročnost z důvodu použití solárního panelu, mobilitu, výstupní elektrické parametry, výstupní periferie a v neposlední řadě cenu návrhu a výroby.

Pro návrh elektrického zapojení a návrh desky plošných spojů je vhodný nástroj KiCAD vzhledem k jeho licenční povaze, a tedy finanční nenáročnosti. Jako řídicí systém lze doporučit platformu Arduino a to z důvodu jednoduchého zapojení, ceny, jednoduchého programování a dostupnosti dokumentace. Výstupní periferií je konektor USB [8] s výstupním napětím 5 V, který zajistí kompatibilitu s většinou elektronických zařízení.

Mobilitu a jednoduchost obsluhy lze vyřešit pomocí automatického natáčení solárního panelu za zdrojem světla především z důvodu pohodlného nastavení počátečních podmínek, které se tímto omezují pouze na zapnutí ostrovního nabíjecího systému a připojení nabíjeného zařízení. Tuto navádějící proceduru je však nutné provozovat pouze v definovaném časovém odstupu kvůli úspoře elektrické energie na nasměrování solárního panelu ke zdroji světla.

### 2.1 Stanovení cílů práce.

- a) Vytvořit ucelený text – návod na použití nástroje KiCAD pro návrh a realizaci elektronických obvodů.
- b) Realizace a oživení navrhovaného řídicího systému.

#### **Struktura práce**

- Stručná charakteristika programu KiCAD.
- Rozbor jeho možností s ohledem na tvorbu výrobních podkladů.
- Rozbor možností řízení ostrovního nabíjecího systému a návrh jeho struktury.

#### **Praktická část**

- Vypracovat podklady pro jednotlivé části navrženého řídicího systému v programu KiCAD.
- Vytvořit výrobní dokumentaci.



- Navrhnout, realizovat a oživit řídicí systém.

- Zhodnocení a závěr.

## 2.2 Charakteristika programu KiCAD.

Na program KiCAD se vztahuje licence open-source, která definuje zacházení s produktem, např. není vyžadována finanční odměna nebo jiný poplatek za distribuci programu. Je vyžadováno, aby byl program šířitelný i v podobě zdrojového kódu i v kompilované podobě. Kompletní seznam všech vlastností licence open-source je obsaženo v definici licence open-source [6]. Program umožňuje návrh a tvorbu elektronických schémat s možností tvorby schématických symbolů a značek. Export je možný do formátů PDF, SVG, HPGL, Postscript. Součástí návrhového prostředí je i automatická kontrola pravidel pro tvorbu elektronických schémat, tvorba tzv. netlistů [9], což je popis všech spojení v elektronickém obvodu. Lze vygenerovat i kusovník použitých součástek a tvorbu knihoven symbolů a footprintů [10], což je model popisující součástku včetně tvaru pouzdra, rozložení a popisu vývodů. Pro návrh desek plošných spojů využívá KiCAD pomocné nástroje pro dodržování předdefinovaných parametrů, např. jako šířku vodivých spojů, izolačních vzdáleností mezi trasami a jiné. Součástí programu je i modul pro zobrazení 3D náhledu desky se součástkami, otvory, popisy součástek a elektrické spoje.

## 2.3 Rozbor možností programu KiCAD.

Program KiCAD je složen z modulů, které jako celek umožňují kompletní tvorbu všech výrobních dat nutných pro výrobu desky plošných spojů, např. jako data pro tvorbu jednotlivých vrstev nebo pozice pro vrtání otvorů.

Jednotlivé moduly se nazývají:

**Eeschema:** editor schématických značek a elektronických schémat

**CvPcb:** editor footprintu pro modul Eeschema

**Pcbnew:** editor desky plošných spojů a editor footprintu

**GerbView:** zobrazovač gerber dat [11]

**Bitmap2Component:** umožňuje tvorbu loga, schématických značek nebo footprintu z obrázku.

**PcbCalculator:** kalkulátor pro pomoc při návrhu šířky elektrických spojení v závislosti na protékajícím proudu atd.

**PIEditor:** editor stránky layoutu

Tyto moduly se spouští z rozcestníku, který se nazývá „Project manager“ a je zobrazen po spuštění programu KiCAD. Program neomezuje ve velikosti desky plošných spojů, podporuje 32 vrstev s měděnými cestami, 14 technických vrstev jako třeba potisk desky sítotiskem a 4 pomocné vrstvy.

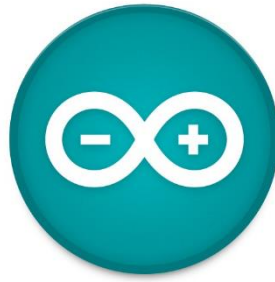
## **2.4 Možnosti řízení ostrovního systému.**

Při zvažování systému řízení je třeba zohlednit všechny aspekty nutné pro požadavky na nabíjecí systém s polohováním za zdrojem světla. Vzhledem k natáčení solárního panelu za zdrojem světla je vhodné nastavení soustavy regulovat pomocí naměření dat ze sensorů. Informace o poloze světelného zdroje je možné získávat např. pomocí CCD kamery [12], pomocí fotocitlivých součástek v můstkovém zapojení nebo v zapojení v děliči. K regulaci nabíjení ze solárních článků se nejčastěji používá metoda PWM [13] nebo MPPT [14] u které je největší předností účinnost, avšak na úkor ceny použitých komponentů a nutností tvorby cívky s přesnými parametry dle požadavků návrhu. V neposlední řadě je při regulaci nutné snímat teplotu baterie a zpětnovazebně měnit nabíjecí parametry obvodu pro dodržení požadavků výrobce při nabíjení. Veškeré řízení je vhodné řešit pomocí mikroprocesoru [15], který obstará řízení s minimem externích součástek.

## **2.5 Platforma Arduino.**

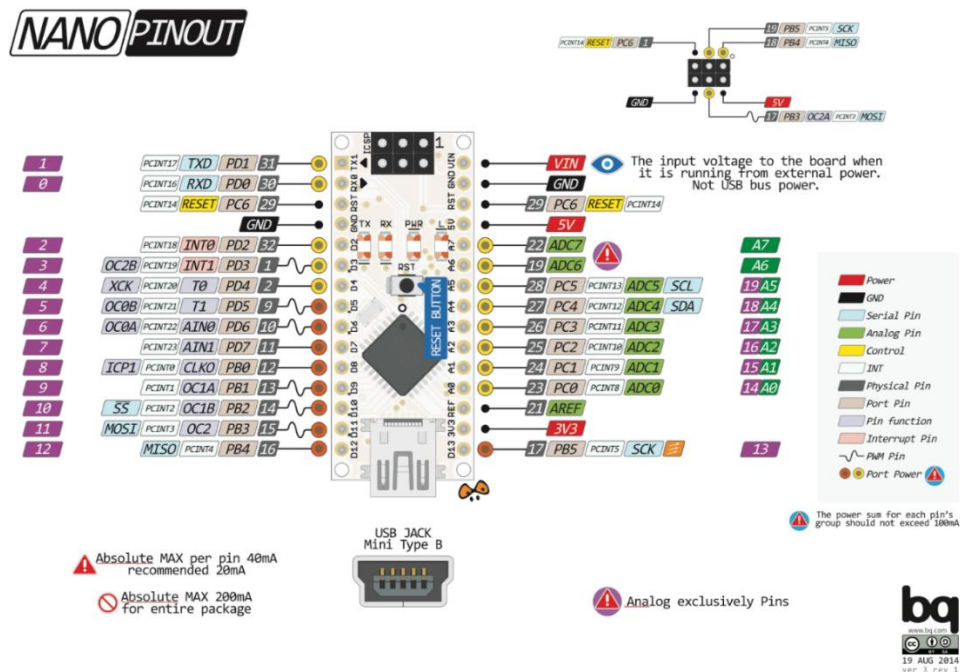
Vývoj první platformy Arduina započal v roce 2005, když si lidé z italského Interaction Design Institute ve městě Ivrea rozhodli vytvořit jednoduchý a levný vývojový set pro studenty, kteří si nechtěli pořizovat, v té době rozšířené a drahé desky. [16]

Platforma Arduino je vedena pod licencí open-source a je tedy k dispozici veškerá dokumentace v podobě elektrických schémat a výrobních dat desek plošných spojů.



Obrázek 1: Oficiální logo platformy Arduino.

Desky Arduina jsou osazeny procesory od firmy Atmel [17] spolu s doprovodnými součástkami, které slouží např. k napájení všech obvodů na desce, diagnostice výstupních pinů nebo k zajištění komunikace přes sériové rozhraní USB. V současné době existuje velké množství druhů desek, které se liší svým přizpůsobením pro jednotlivé aplikace např. Arduino Mini, Arduino Nano, Arduino Micro, Arduino Uno a další. Nejznámější deskou je Arduino Uno a její ekvivalent Arduino Nano, který je určen pro přímé použití v desce plošných spojů.



Obrázek 2: Popis pinů Arduino Nano.

Arduino je možné programovat pomocí programovacího jazyka C nebo C++ [18], pro co nejjednodušší práci s Arduinem vznikla knihovna, která se nazývá Wiring [16] a je považována za samostatný programovací jazyk. Programování pomocí knihovny Wiring má jistá specifika, např. obsahuje dvě vyžadované funkce. V programu musí být obsažena funkce `setup()`, ve které se příkazy provedou jen jednou při spuštění programu, a druhá funkce `loop()`, ve které se automaticky a opakovaně provádí příkazy po dobu napájení

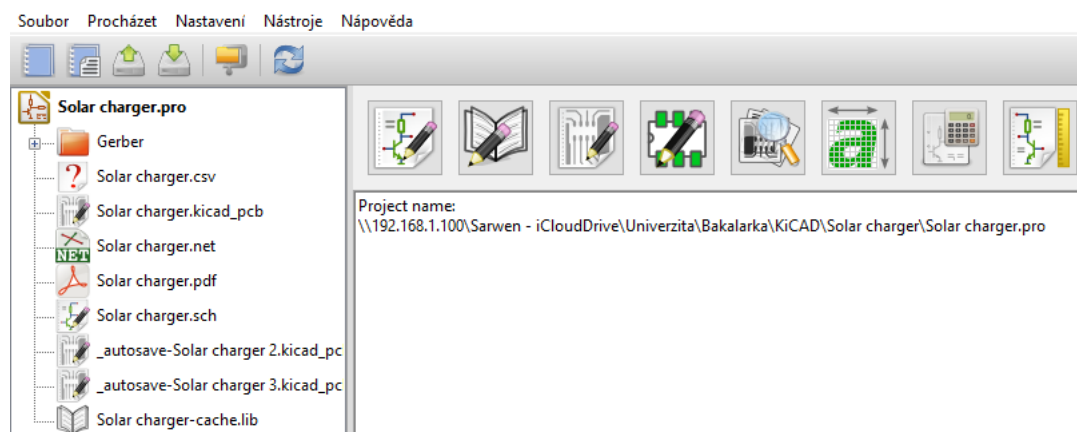
desky Arduina. Vše je názorně vidět na příkladu programu, který na Arduino desce způsobí blikání testovací LED diody v intervalu 1 sekundy.

```
// funkce setup se spusti pouze jednou pri startu
void setup()
{
  // inicializace digitalniho pinu LED_BUILTIN jako vystup
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
// funkce loop ktera se neustale opakuje
void loop()
{
  // zapne LED diodu zapnutim napeti
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  // ceka 1 sekundu
  delay(1000);
  // vypne LED diodu vypnutim napeti
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  // ceka 1 sekundu
  delay(1000);
}
```

## 3 Návrh v programu KiCAD.

Program KiCAD je šířen pod licencí open-source a slouží k návrhu elektronických schémat, návrhu desky plošných spojů a k tomuto účelu je vybaven moduly, které napomáhají při návrhu a při tvorbě výrobní dokumentace pro finální výrobu.

Popsaná verze programu je KiCAD 4.0.7 a na obrázku č. 3 je zobrazen „Project manager“ po spuštění programu.



Obrázek 3: Úvodní zobrazení „Project manageru“ programu KiCAD.

V této části je možné spravovat jednotlivé projekty a spouštět již zmíněné moduly. Pomocí roletového menu „Soubor“ – „New Project“ – „New Project“ (Ctrl+N) lze vytvořit nový projekt, u kterého je možné specifikovat cestu k souborům. V levé části okna je seznam všech souborů patřících k projektu.

### 3.1 Návrh schématu – modul Eeschema.

#### 3.1.1 Popis prostředí modulu Eeschema.

Pomocí ikony modulu „Eeschema“ viz. obrázek č. 4 lze modul spustit.









Obrázek 4: Ikona pro spuštění modulu Eeschema.

Při prvním spuštění modulu v projektu je nutné nastavit umístění knihoven součástek „Preferences“ – „Component Libraries“. V této kartě lze nastavit umístění, které se ve výchozím stavu nachází v adresáři programu share / kicad /library.



Dalším parametrem, který je nutné nastavit je velikost stránky „Soubor“ – „Page Setting“, kde lze nastavit velikost ve standardizovaných formátech, orientace a možnost










vyplnit razítko na stránce výkresu. Při elektrických schématech, které zasahují na více stránek, je vhodné zaškrtnout možnost „Exportovat na další stránky“ u dat, které je nutné zobrazit v razítku schématu i na dalších stránkách.

V levé části od pracovní plochy se nachází ikonky, které slouží k nastavení zobrazení a k přepínání do rastru mezi jednotkami metrickými a palcovými. Dále je vypnutí / zapnutí rastru, změna symbolu ukazatele myši a možnost skrýt vývody součástek např. jako napájení operačních zesilovačů. [19]
















-  Zapnutí / vypnutí mřížky
-  Nastavení jednotek na palce
-  Nastavení jednotek na milimetry
-  Změní tvar kurzoru
-  Zobrazí / Nezobrazí skryté vývody
-  Zapnout / Vypnout volbu kreslit pouze kolmé čáry










V pravé části od pracovní plochy se nacházejí ikonky, které slouží pro tvorbu schématu.

-  Výběrová šipka
-  Rozpad na hierarchii stránek
-  Umístění komponenty
-  Umístí zemnicí port
-  Umístí vodič
-  Umístí sběrnici
-  Umístí vodič na vstupu sběrnice
-  Umístí sběrnici na vstup sběrnice
-  Umístí značku – nepřipojeno
-  Umístí uzel
-  Umístí místní značku



	Umístí globální značku
	Umístí hierarchijní štítek na stránku
	Vytvoří novou oblast / stránku
	Umístí hierarchijní značku na stránku importovanou z hierarchijního štítku
	Umístí hierarchijní značku na stránku
	Umístí čáru nebo mnohoúhelník
	Umístí text
	Vloží obrázek
	Smaže položku

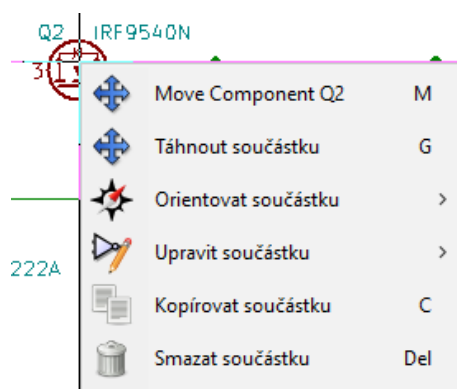
V horní části od pracovní plochy se nacházejí ikonky, které slouží pro navigaci po pracovní ploše a spouštění editoru knihoven a podpůrných funkcí.

	Uložit schéma
	Nastavit stránky
	Tisknout schéma
	Export schématu
	Vyjmout
	Kopírovat
	Vložit
	Vrátit poslední příkaz
	Zopakovat poslední příkaz
	Najít komponenty a text
	Najdi a nahrad'
	Přiblížit
	Oddálit
	Obnova schématu
	Zoom na schéma

	Navigátor hierarchie
	Opustit stránku
	Editor knihovny
	Prohlížeč knihoven
	Footprint editor
	Automatické přejmenování komponent
	Kontrola dle pravidel pro el. schéma
	Spustí modul Cvpceb – přiřazení pouzdra součástky k použitým komponentám
	Generuje netlist

### 3.1.2 Návrh elektrického schématu.

Na pracovní plochu lze umístit požadované komponenty pomocí ikonky  (umístit komponentu) a komponenty lze propojit pomocí ikonky  (umístit vodič). Komponenty se vyhledávají podle názvu, který je obsažen v příslušných knihovnách. Alternativou je použít klíčové slovo, např. jako R, L, C atd., k nalezení příslušné kategorie typu součástek. Při kliknutí na komponentu pravým tlačítkem myši lze vyvolat dialog s možnostmi polohování komponenty, případně vyvolání dokumentace, změny parametrů součástky apod. viz obrázek č.: 5.




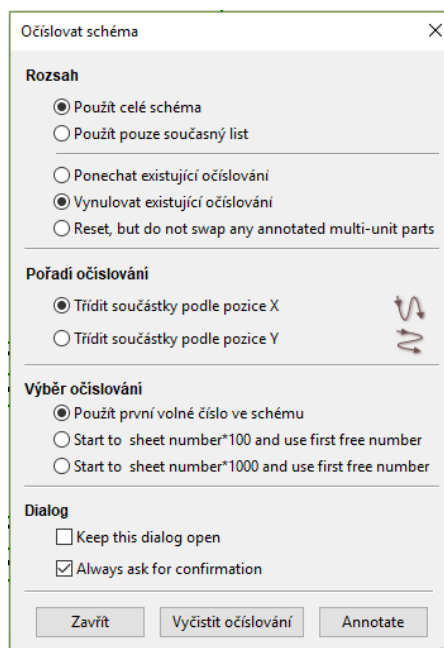
Obrázek 5: Možnosti pro úpravu komponenty.

Při této editaci a polohování je výhodné použít klávesových zkratk, které jsou zobrazeny v dialogu např. pro změnu polohy komponenty jde o klávesu „M“. Komponentě lze nastavit název a pořadové číslo součástky, které je jedinečné a slouží k identifikaci a následně pro popis v kusovníku. Tento popis lze měnit v části „Upravit“ pod klávesovou



zkratkou „E“. Tento popis lze však nechat bez povšimnutí a po dokončení elektrického schématu nechat popsat součástky pomocí automatické funkce, kterou lze vyvolat stiskem

ikonky  (automatické přejmenování komponent).





Obrázek 6: Dialog automatického přejmenování komponent


V dialogu automatického přejmenování komponent lze nastavit parametry jako třeba výběr na celé elektrické schéma nebo pouze na aktivní list, případně zda má dojít k vynulování existujících popisů očíslování a nechat očíslování kompletně na automatickém režimu. Tato možnost je vhodná při tvorbě nového elektrického schématu, ale pokud je již vytvořena DPS (deska plošných spojů) přejmenování stávajících komponent rozpojí vazbu na již vytvořenou desku.


### 3.1.3 Editor schématických značek.


V případě, že v knihovně součástek není obsažena požadovaná součástka, nebo pokud je nutné současnou schématickou značku upravit, je možné použít editor schématických

značek, který je obsažen v modulu „Eeschema“. Pod ikonkou  je možné spustit editor a vytvořit novou komponentu. Případně je možné vyvolat editaci součástky, která je již

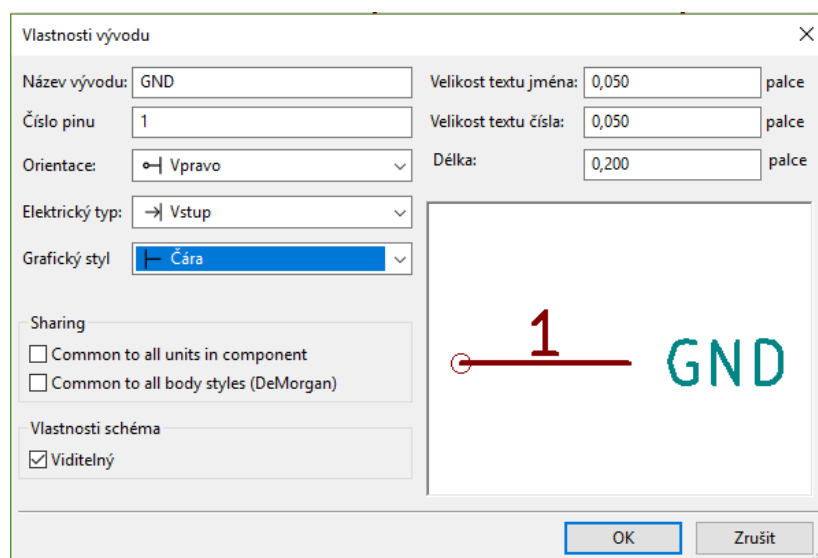
v knihovně obsažena pod ikonkou . Schématické značky umístěné v elektrickém schématu je možné upravit pomocí vyvolání dialogového okna klikem na pravém tlačítku myši a volby „Upravit součástku“ – „Upravit pomocí editoru knihoven“.

Prostředí editoru je podobné prostředí modulu Eeschema, v pravé části se nachází ikonky pro tvorbu schematické značky v podobě geometrických obrazců např. kružnice, čtverec, oblouk atd. Součástí nabídky je i možnost přidat pin k součástce pod ikonkou . V horní části se nachází ikonky pro práci s načtením a uložením schematické značky do knihovny součástek, editaci popisu součástky a případně přiřazení katalogového listu [20] od výrobce.

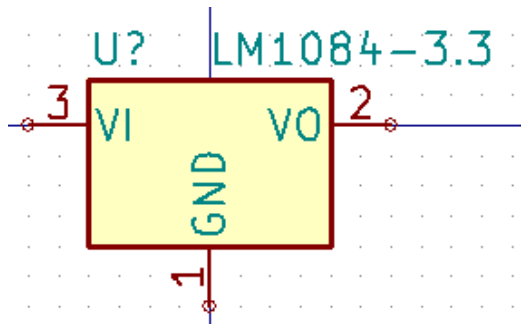
Tvorba nové součástky se nachází pod ikonkou , která vyvolá dialogové okno s možností vyplnění jména součástky, referenčním názvem skupiny součástek (R – rezistor, C – kondenzátor atd.), počet částí na pouzdro (např. integrovaný obvod, který bude obsahovat 4x hradla bude obsahovat 4 části na pouzdro) a nastavení zobrazení popisů pinů.

Následně je nutné pomocí editačních ikoněk (v pravé části) nakreslit schematickou značku dle katalogového listu od výrobce. Pro tyto účely je vhodné změnit rastr na palcovou míru pomocí ikonky .


Při vložení pinu součástky je zobrazeno dialogové okno s parametry pinu, jako název, číslo pinu, orientace pinu, elektrický typ atd. Veškeré parametry musí být nastaveny pro správnou funkci automatických kontrol. Příklad na obrázku č. 7 a č. 8.




Obrázek 7: Dialog s nastavením parametrů pinu v editoru schematických značek.

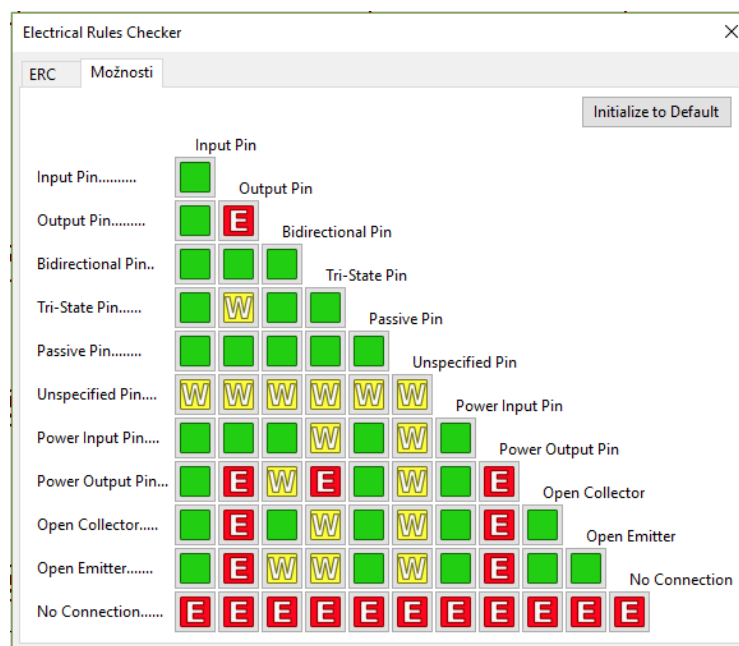


Obrázek 8: Příklad nakreslení schématické značky v editoru schématických značek.

Po nakreslení schématické značky je nutné nastavit parametry pod ikonkou , kde v zobrazeném dialogu nastavujeme zobrazení pinů, zobrazení názvů, popis součástky, klíčová slova pro vyhledávání, URL odkaz k dokumentaci, názvy podobných součástek, pouzdra, ve kterých je součástka vyráběna atd.

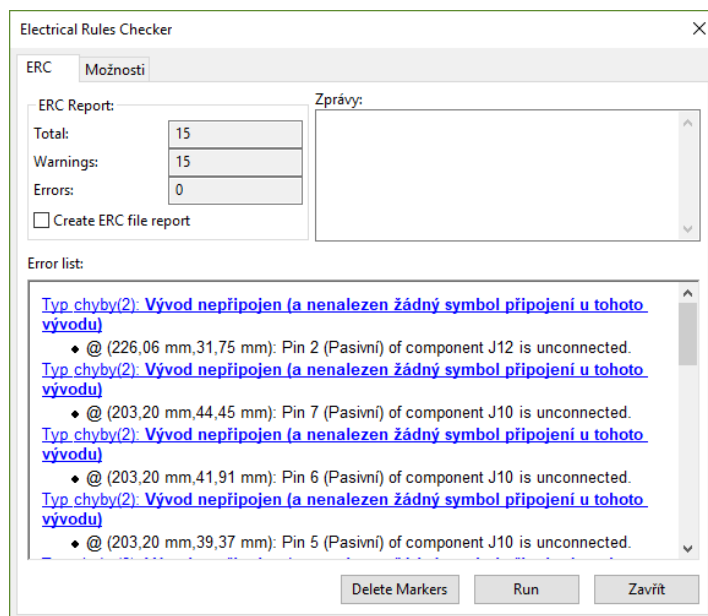
### 3.1.4 Kontrola elektrického schématu.

Ke kontrole elektrického schématu slouží automatická kontrola ERC pod ikonkou . Tato funkce umožní zkontrolovat zapojení dle definovaných pravidel v záložce „Možnosti“ a nastavit tak, které chyby se vyhodnotí jako varování, chybový stav nebo zůstanou bez povšimnutí. Výchozí nastavení je na obrázku č. 9.




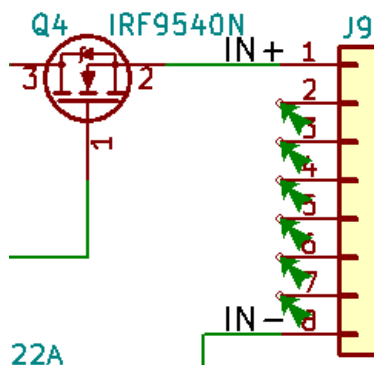
Obrázek 9: Dialog s možností nastavení pravidel pro ERC.

Kontrola ERC vypíše nesrovnalosti, na které lze kliknout a konkrétní varování nebo chyba se označí a zobrazí ve schématu.



Obrázek 10: Dialog s výpisem chyb a varování v ERC.

Na obrázku č. 11 je uveden příklad označení s varováním nezakončených vývodů 2-7 na konektoru „J9“ pomocí značky .

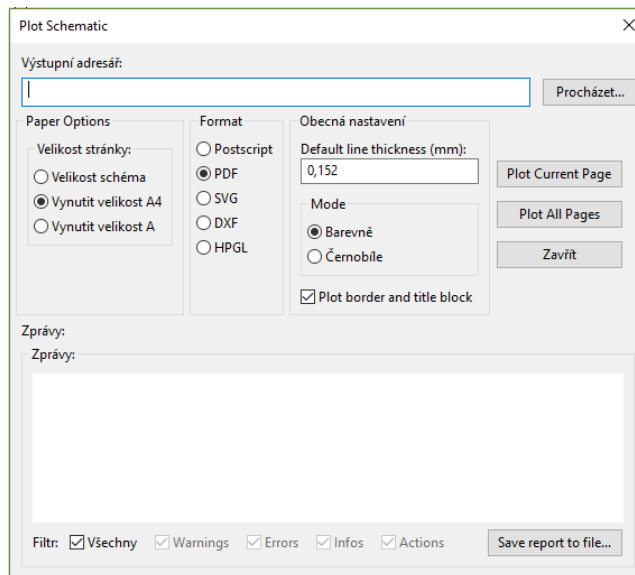


Obrázek 11: Příklad označení varování nezakončených vývodů kontrolou ERC.

### 3.1.5 Export elektrického schématu.

Export elektrického schématu je možné přes roletové menu „Soubor“ – „Vykreslit“ – „Vykreslit“ a v zobrazeném dialogu je na výběr z formátů PostScript, PDF, SVG, DXF a HPGL. V dialogovém okně se nachází další nastavení o velikosti stránky, barevném nebo černobílém exportu a případně šířce exportovaných čar. Pokud není vybrán cílový adresář, tak po exportu pomocí „Plot“ se soubor uloží do cílové složky projektu.

Export je také možný do schránky Clipboard přes roletové menu „Soubor“ – „Vykreslit“ – „Plot to Clipboard“. Příklad nastavení je na obrázku č. 12.




Obrázek 12: Dialog exportu elektrického schématu.


V programu KiCAD proběhl návrh elektrického schématu pro ostrovní nabíjecí systém a jeho elektrické schéma „Solar charger.sch“ je obsažen v příloze A a B.

### 3.1.6 Generování netlistu.


Pro tvorbu desky plošných spojů je nutné vygenerovat netlist, který v sobě obsahuje seznam použitých součástek a informace o jejich propojení. Dialog umožňující export lze



vyvolat ikonkou . Je umožněno generovat netlist do systémů OrcadPCB2, CadStar, Spice a další, které lze přidat pomocí pluginů pomocí tlačítka „Přidat plugin“. Záložka „Pcbnew“ slouží k exportu netlistu do modulu tvorby desek plošných spojů přímo v nástroji KiCAD. Export lze zahájit stiskem tlačítka „Generate“.

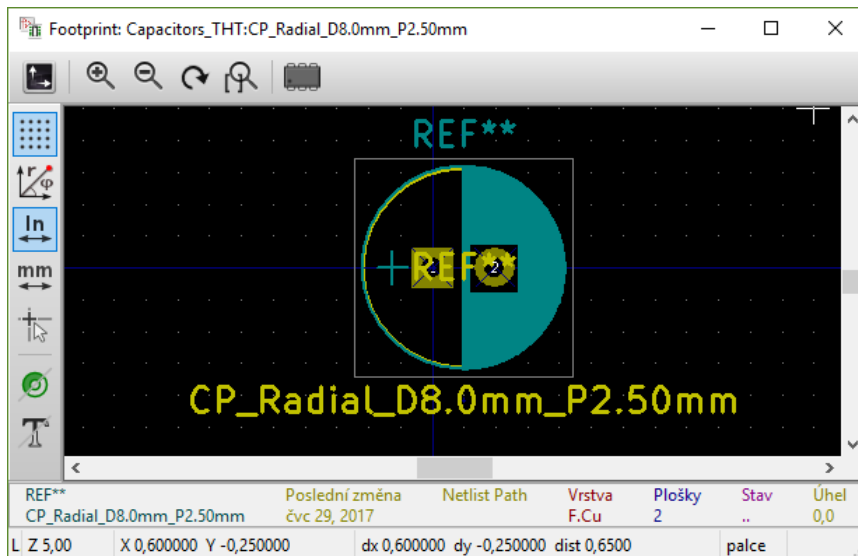
### 3.1.7 Přiřazení pouzder součástkám.

Pro tvorbu desky plošných spojů je nutné přiřadit schématickým značkám pouzdra součástek, ve kterých jsou výrobcem vyráběna. Toto přiřazení lze vytvořit v nástroji „CvPCB“, který lze v modulu „Eeschema“ spustit pomocí ikonky , nebo v roletovém menu „Nástroje“ – „Assign Component Footprint“.

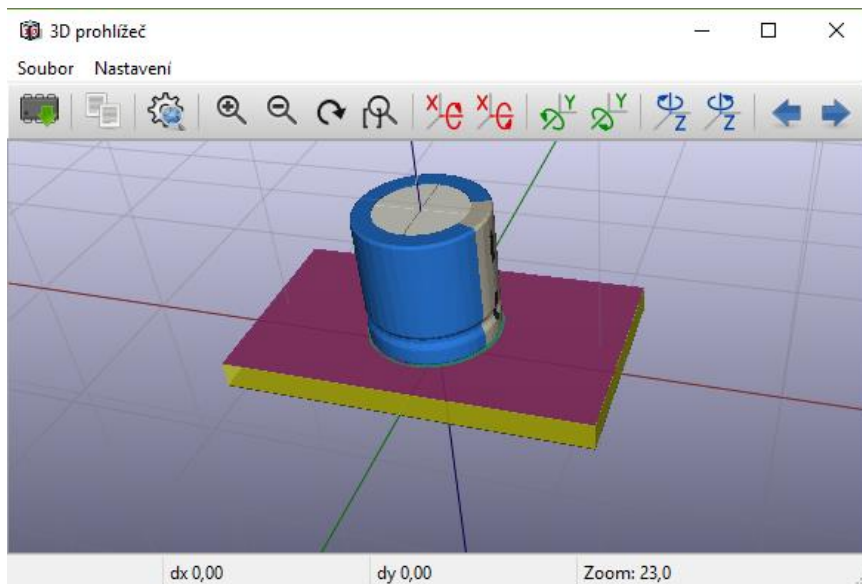
V zobrazeném nástroji „CvPcb“ je seznam všech součástek obsažených v elektrickém schématu. V pravé části jsou navrhované typy pouzdra, které jsou filtrovány dle nastavení mezi klíčovým slovem součástky, počtu pinů a pouzdra definovaném v knihovně

součástky. Tyto různé filtry lze vyvolat pomocí ikonky . Informace o pouzdrech součástek jsou čerpány z knihoven, které jsou nastavené

v roletovém menu „Nastavení“ – „Footprint Libraries“. Zobrazení footprintu vybraného pouzdra je možné přes ikonku , kde lze následně zobrazit i 3D model součástky pomocí ikonky . Přiřazení pouzdra lze potvrdit dvojitým klikem levého tlačítka myši.



Obrázek 13: Zobrazení footprintu pouzdra radiálního kondenzátoru.



Obrázek 14: Zobrazení 3D pohledu na model radiálního kondenzátoru.

Po přiřazení všech pouzder součástek je nutné nastavení uložit.

## 3.2 Návrh desky plošných spojů.



















### 3.2.1 Popis modulu Pcbnew.

Pomocí ikony modulu „Pcbnew“ viz. obrázek č. 15 lze modul spustit.



Obrázek 15: Ikona pro spuštění modulu Pcbnew.






V levé části od pracovní plochy se nachází ikonky, které slouží k nastavení zobrazení desky plošných spojů a k přepínání do rastru mezi jednotkami metrickými a palcovými.

-  Povolit kontrolu návrhových pravidel
-  Skrýt / Zobrazit mřížku
-  Změna polárních / kartézských souřadnic
-  Jednotky v palcích
-  Jednotky v milimetrech
-  Změna tvaru kurzoru
-  Skrýt / Zobrazit naznačené spoje desky
-  Skrýt / Zobrazit virtuální propojení mezi součástkami
-  Zapnout / Vypnout automatické mazání starých spojů
-  Zobrazit vyplněné oblasti v zónách
-  Nezobrazovat vyplněné oblasti v zónách
-  Zobrazovat obrysy vyplněných oblastí pouze v zónách
-  Zobrazit plošky v režimu výplně
-  Zobrazit plošky / průchodky v režimu obrysů / výplně
-  Zobrazit spoje v režimu obrysů / výplně
-  Zapne / Vypne zobrazení v režimu vysoký kontrast
-  Ukázat / Skrýt panel nástrojů správce barev
-  Zobrazit / Skrýt panel pro návrh mikrovlnných aplikací
















V pravé části od pracovní plochy se nacházejí ikonky, které slouží pro tvorbu desky plošných spojů.

-  Výběrová šipka
-  Zvýraznění sítě
-  Zobrazit místní neznačené spoje
-  Přidat footprint
-  Přidat spoje a průchodky
-  Přidat vyplněné oblasti
-  Přidat zónu, která vymezení oblast bez možnosti osazení elektrickými komponenty
-  Přidat čáru nebo mnohoúhelník
-  Přidat kružnici
-  Přidat oblouk
-  Přidat text na vrstvy mědi nebo na jiné vrstvy
-  Kótování
-  Přidat lícovací značku
-  Smazat položku
-  Nastavit bod počátku pro vrtání a umístit soubory
-  Nastavit počáteční bod mřížky


V horní části od pracovní plochy se nacházejí ikonky, které slouží především pro spouštění nástrojů.

-  Uložit desku plošných spojů
-  Nastavit stránky
-  Otevřít editor footprintu
-  Otevřít prohlížeč footprintu
-  Vrátit poslední změny

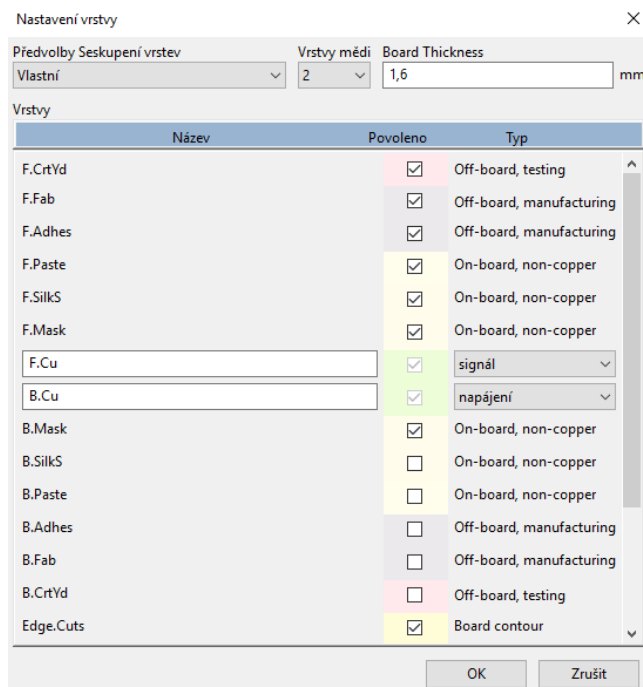


	Zopakovat poslední příkaz
	Tisknout desku plošných spojů
	Export dat
	Přiblížit
	Oddálit
	Překreslit současné zobrazení
	Zvětšit desku plošných spojů na současné pracovní okno
	Najít součástky a text
	Načíst netlist
	Spustit kontrolu návrhových pravidel
	Zobrazí aktivní vrstvy a umožní vybrat vrstvy pro umístění prokovů
	Přepíná mezi manuálním a automatickým posunem součástek
	Aktivuje režim automatického spojování cest
	Umožní přístup do externích nástrojů pro automatické rozmístění cest
	Umožňuje spustit skriptovací konzoly

### 3.2.2 Nastavení parametrů a načtení dat z netlistu.

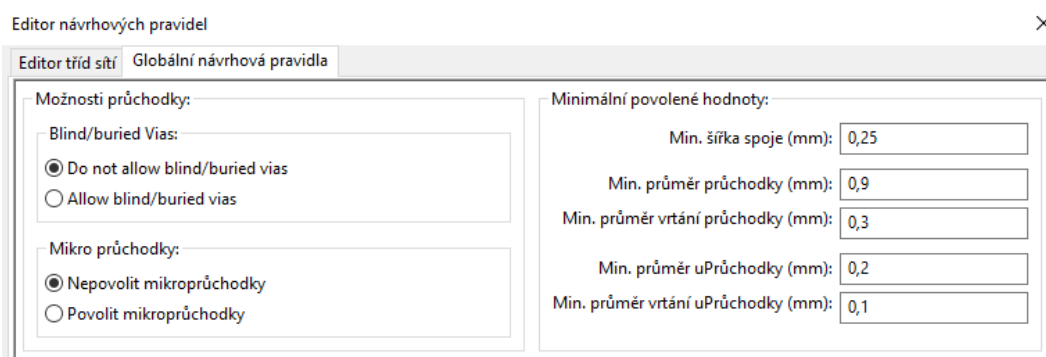
Při prvním spuštění je potřeba načíst netlist, který byl vygenerován z modulu „Eeschema“. Pro načtení netlistu slouží ikonka , která spustí dialogové okno s nastavením načtení netlistu a také cestu k souboru. Tlačítkem „Načíst aktuální netlist“ vloží na pracovní plochu footprinty použitých součástek s virtuálním propojením dle elektrického schématu. Přes tento dialog je také možné aktualizovat již umístěné součástky a propojení v případě editace elektrického schématu.

Před tvorbou desky plošných spojů je nutné nastavit návrhová pravidla a nastavení vrstev, která definují výslednou podobu desky. Nastavení vrstev se vyvolá v roletovém menu „Návrhová pravidla“ – „Nastavení vrstev“.



Obrázek 16: Dialog s vrstvami desky plošných spojů.

Na obrázku č. 16 je příklad nastavení desky plošných spojů, která obsahuje 2 vrstvy mědi (F.Cu a B.Cu) a další vrstvy jako obrys desky (Edge.Cuts), vrstvu se síťotiskem (F.SilkS), nepájivé masky (F.Mask a B.Mask) a další. Popis vrstev je uveden ve sloupci „Typ“. Nastavení návrhových pravidel se vyvolá v roletovém menu „Návrhová pravidla“ – „Návrhová pravidla“. V záložce „Globální návrhová pravidla“ je nutné nastavit pravidla pro šířku spojů, průměr vrtání otvorů průchodky a celkový průměr průchodky. Příklad nastavení je na obrázku č. 17.



Obrázek 17: Dialog s globálním nastavením návrhových pravidel.

V záložce „Editor tříd sítí“ lze nastavit parametry izolačních mezer, šířku spoje, velikost průchodek a další pro konkrétní síť. Samostatně lze nastavit např. část výkonovou, napájení komponent a datovou část. Toto nastavení je specifické pro konkrétní konstrukci a vychází z požadavků na elektrický obvod. Příklad nastavení je na obrázku č. 18.


Editor návrhových pravidel

Editor tříd sítí Globální návrhová pravidla

Třídy sítí:

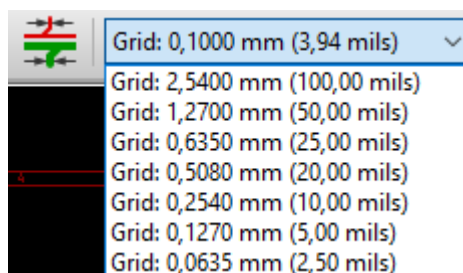
	Izolační mezera	Šířka spoje	Velikost průchodky	Vrtání průchodky	Velikost uPrůchodky	Vrtání uPrůchodky
Default	0,125	0,4	0,9	0,5	0,3	0,1
+5V	0,125	0,8	0,9	0,5	0,3	0,1
Power	0,25	1,27	0,9	0,5	0,3	0,1

Obrázek 18: Dialog s nastavením návrhových pravidel pro konkrétní el. síť.

Nastavení rozměru stránky lze vyvolat pod ikonkou , která vyvolá dialog s nastavením formátu stránky, orientací stránky a kolonky pro vyplnění razítka dokumentu.

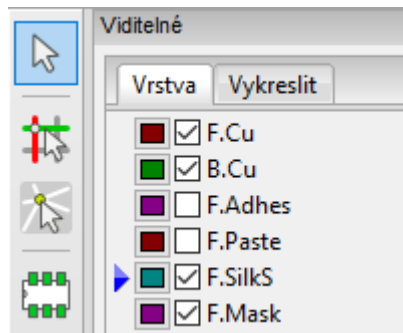
### 3.2.3 Rozmístění součástek.

Součástky se po načtení netlistu zobrazí v levém horním rohu a jsou propojené pomocí virtuálních spojů, které jsou obsažené v netlistu po vyexportování z elektrického schématu. Před rozmístěním součástek je nutné zvolit požadovanou rozteč mřížky viz. obrázek č. 19. Pro obrys desky a rozmístění montážních otvorů je vhodné zvolit metrický systém, ve kterém je často počítáno v návaznosti na mCAD systémy a konstrukci mechanického okolí desky plošných spojů. Naopak pro rozmístění součástek je vhodné přepnout do palcového systému, ve kterém jsou nejčastěji definované footprinty elektrických komponent.




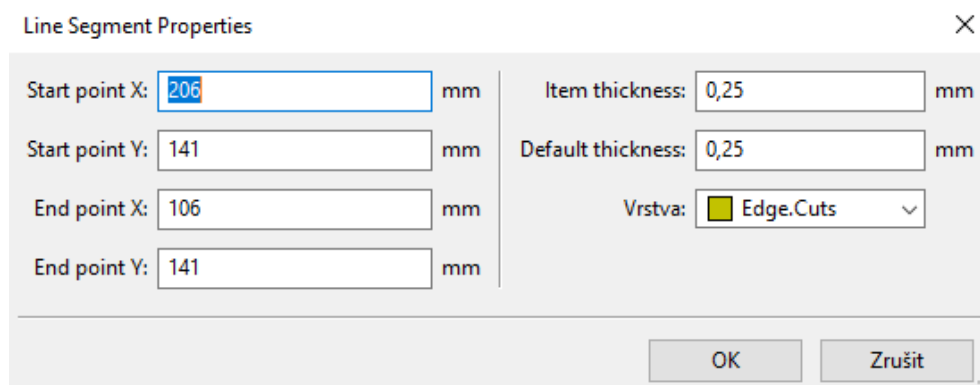
Obrázek 19: Roletové menu s možností volby požadovaného rastru.

Při nákresu obrysu desky plošných spojů je nutné přepnout aktivní vrstvu na „Edge.Cuts“ a to kliknutím levým tlačítkem myši na příslušný název vrstvy. Aktivní vrstva je zvýrazněna modrou šipkou vedle názvu vrstvy viz. obrázek č. 20.




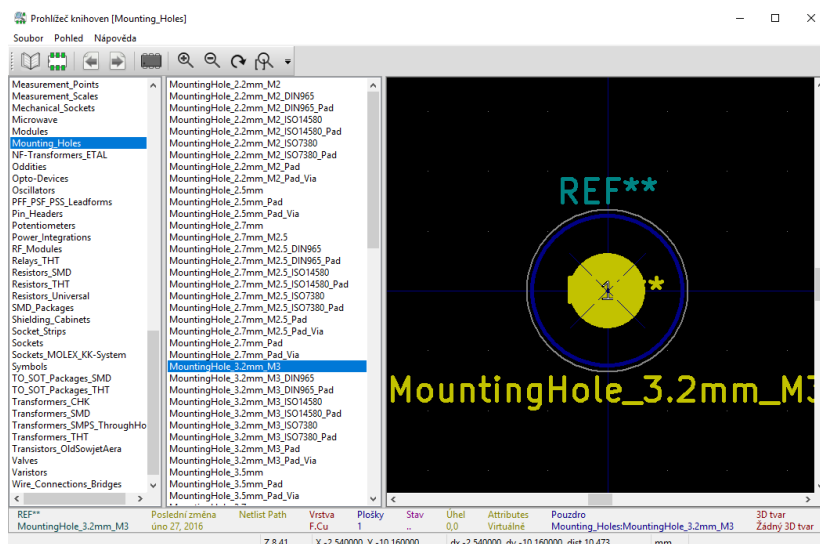
Obrázek 20: Oblast s nastavením viditelnosti a s výběrem aktivní vrstvy (F.SilkS).

Nástroj pro kreslení čáry lze aktivovat ikonkou  a v patřičném rastru nakreslit požadovaný tvar desky plošných spojů. Pro editaci prvků slouží klávesa „E“, která vyvolá editaci prvků, na kterém je kurzor. Tuto možnost lze vyvolat dialogem pod pravým tlačítkem myši u příslušného prvku. V tomto dialogu lze měnit šířku čáry (dodavatelé desek plošných spojů mají požadavky na min. tloušťku čáry, např. min 0,25 mm). Dialogové okno je možné použít pro přesné definování polohy pomocí číselných hodnot souřadnic počátku a konce čáry viz. obrázek č. 21 s nastavením na příkladu desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému.




Obrázek 21: Dialog s nastavením parametrů obvodové čáry desky plošných spojů.

Komponenty lze vyhledat pomocí prohlížeče footprintů, ikonka . Například montážní otvory jsou v knihovně „Mounting\_Holes“, kde je možné vybrat příslušný otvor dle normy šroubu nebo pro konkrétní metrický rozměr šroubu. Příklad výběru montážního otvoru pro šroub M3 viz. obrázek č. 22.

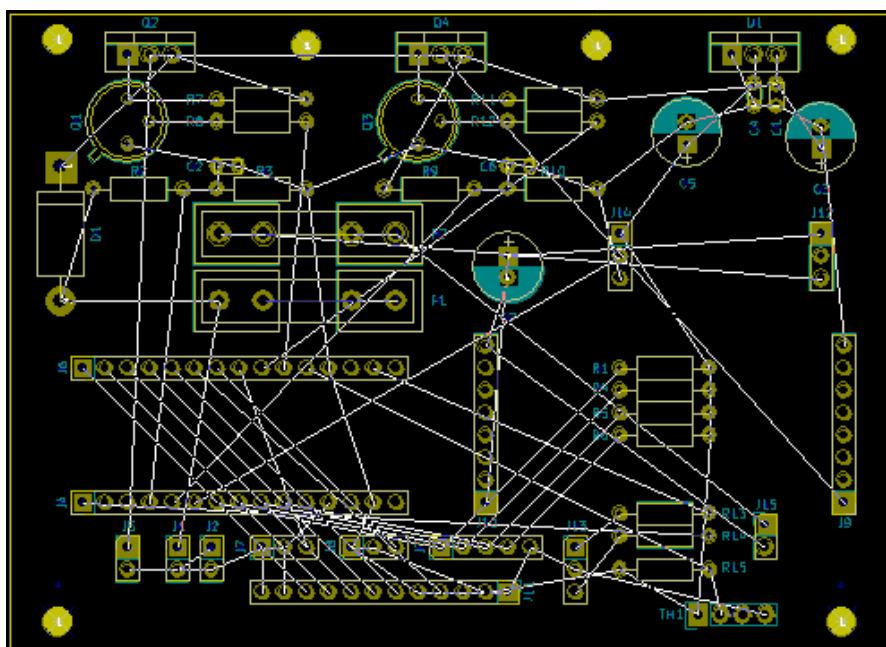


Obrázek 22: Dialog prohlížeče knihovny s footprints.

V tomto okně je možné pomocí ikonky  zobrazit 3D pohled komponenty.


Případně pomocí ikonky  vybrat do výběru komponentu pro umístění do pracovní plochy. V pravé části od pracovní plochy je totožná ikonka, která nyní obsahuje vybranou komponentu a historii komponent, které se v projektu použily. Před vložením komponenty do pracovní plochy nebo před polohováním komponent je vhodné změnit rastr do palcových hodnot (většina součástek je v rastru 100 mils, případně jemnější).


Přesné pozicování je možné již zmíněnou editací prvku klávesou „E“. Ostatní komponenty jsou načteny pomocí importu netlistu a je možné komponenty rozmístit pomocí klávesové zkratky „M“ na pozice, které jsou definované z požadavků elektrické a mechanické konstrukce. Sortiment nástrojů pro polohu součástky lze vyvolat pravým stiskem tlačítka dialog, kde je možné např. rotovat součástkou (klávesa „R“), přejít do již zmíněné editace (klávesa „E“, dvojklik myši) nebo převrátit součástku (klávesa „F“) atd. V editaci komponenty lze také nastavit atributy, které mají vliv při generování informací pro osazovací stroje, např. jako atribut „Normálně + vložit“ způsobí, že komponenta bude vložena v seznamu pro osazovací automat a atribut „Virtuálně“ je pro komponenty typu konektor vytvořený na desce plošného spoje (konektor typu PCI, AGP) nebo antény atd. Příklad rozložení komponent viz DPS pro ostrovní nabíjecí systém na obrázku č. 23.

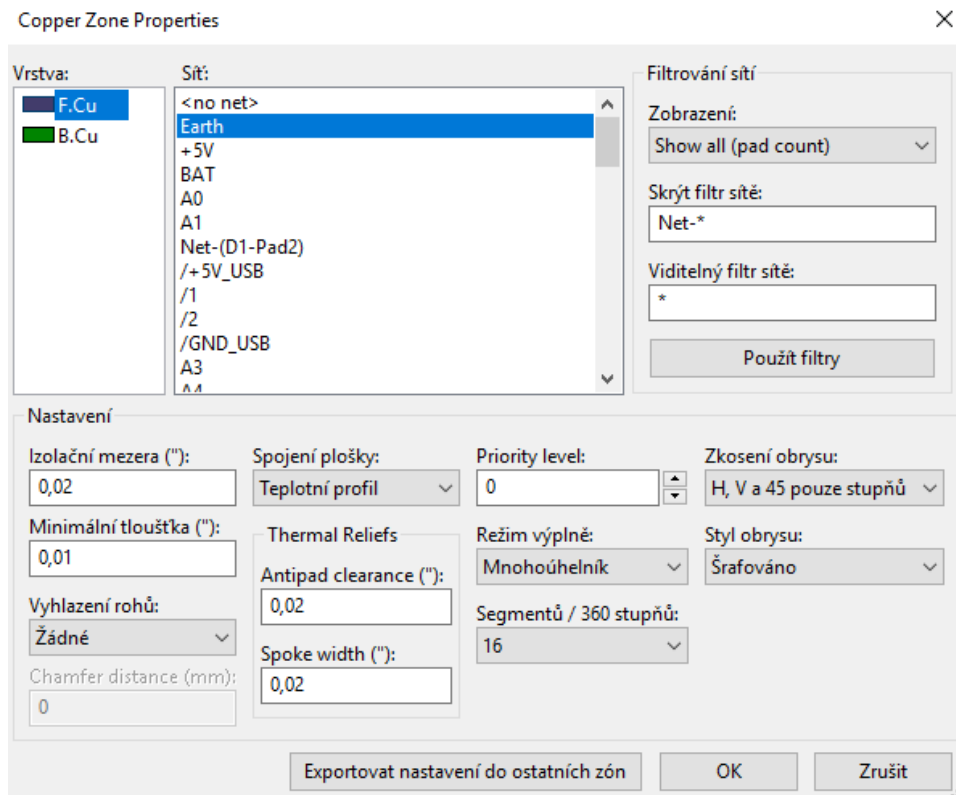


Obrázek 23: Rozložení komponent na desce plošných spojů solární nabíječky.

### 3.2.4 Routování neboli návrh vodivých spojů.

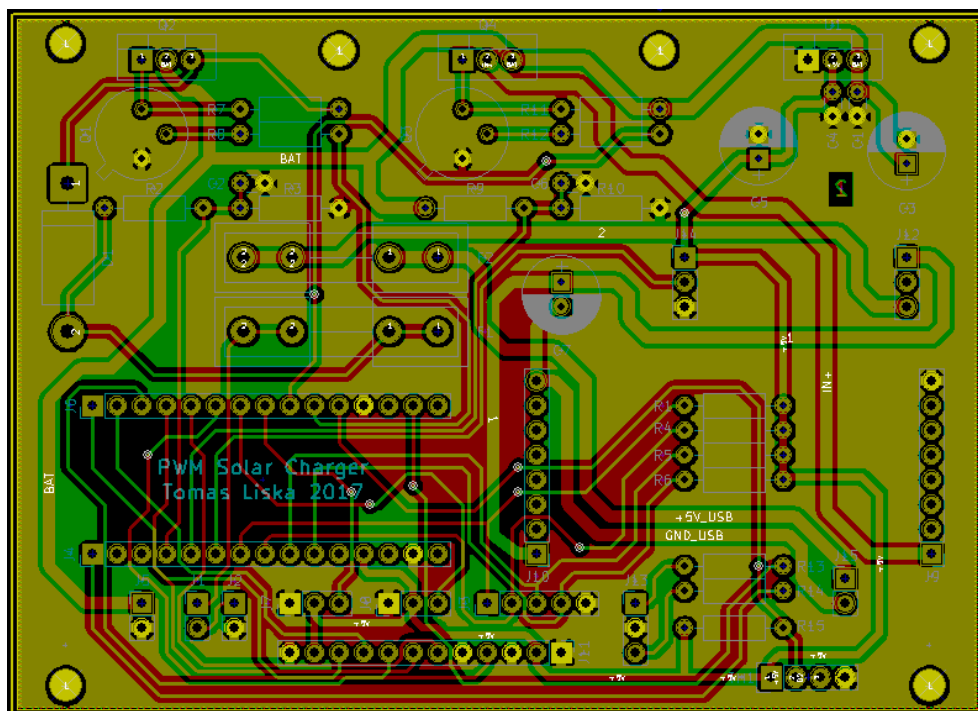
Ke kreslení vodivých cest slouží nástroj pod ikonkou , který vykresluje vodivou cestu dle předdefinovaných návrhových pravidel. Klikem na vývod součástky lze zahájit kreslení cesty a zároveň je graficky znázorněno pomocí virtuálních cest elektrické propojení na další komponenty. V případě vícevrstevných desek plošných spojů lze pomocí klávesy „V“ vytvořit průchodku a pokračovat spojem v jiné vrstvě. Tyto vrstvy jsou barevně odlišeny a korespondují s barvou vrstev s mědí. Při definování polohy vodivé cesty je znázorněna i izolační vzdálenost a není dovoleno umístit elektrický spoj tak, aby do této zóny zasahovala jiná komponenta. Při kreslení elektrických spojů je vhodné nastavit v levé části pracovní plochy zobrazení cest takové, které zpřehlední zobrazení, případně lze neaktivní vrstvy potlačit. Pokud je možné z hlediska elektrických parametrů spojit společné uzly, jako např. uzemnění, je vhodné tyto cesty nespojovat a použít nástroj

„vyplnění oblasti“, který se vyvolá pomocí ikonky . Nástroj slouží k definování oblasti, která propojí veškeré spoje, které vychází z načteného elektrického schématu. Propojení se „rozlije“ do celé definované oblasti s tím, že je možné nastavit v dialogu parametry jako třeba izolační vzdálenost nebo způsob propojení s ploškou (např. termální profil umožní kolem plošky vytvořit tepelně izolační oblasti bez mědi) viz. obrázek č. 24. Vzdálenost od okraje desky plošných spojů je dána výrobcem (problém s frézováním na rozhraní vrstvy s mědí).




Obrázek 24: Dialog s nastavením vyplněné oblasti.

Příklad zapojené desky plošných ostrovního nabíjecího systému viz obrázek č. 25.

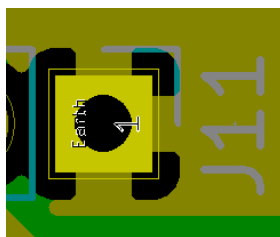


Obrázek 25: Podoba zapojené desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému.


### 3.2.5 Kontrola návrhu desky plošných spojů.

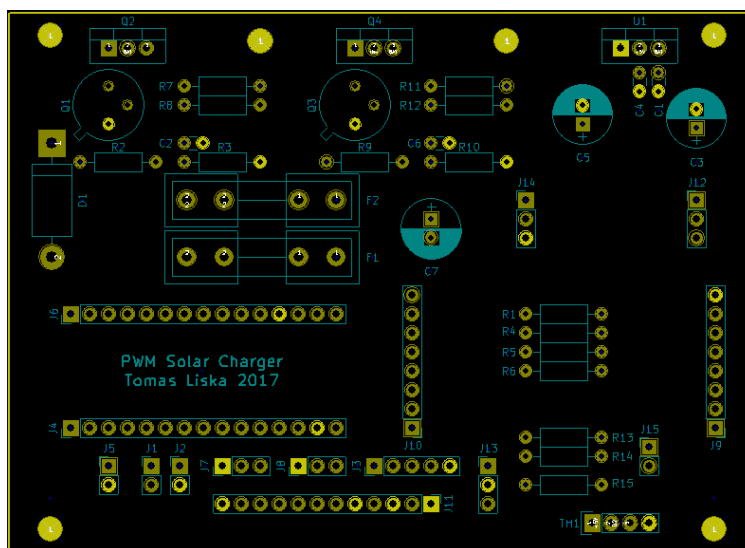
Pomocí ikonky  lze spustit kontrolu návrhových pravidel, která analyzuje desku plošných spojů a vyhodnotí veškeré nesrovnalosti. Na varování je možné kliknout a zobrazí se pozice nalezení problému.

Při kontrole je nutné vycházet i z tepelné zátěže měděných spojů plynoucí z úrovně procházejícího proudu. Parametry jsou ovlivněny použitím a vycházejí z požadavků elektrické konstrukce. Příklad možného problému je na obrázku č. 26, kde je nutné zohlednit proud, který protéká přes tento uzel a pomocí parametrů „Antipad clearance“ (izolační vzdálenost) a „Spoke width“ (šířka spojení s okolím) v dialogu nastavení „Vyplnění oblasti“ upravit parametry dle požadavků na tepelné zatížení.




Obrázek 26: Ploška v závislosti na parametrech Antipad clearance a Spoke width.

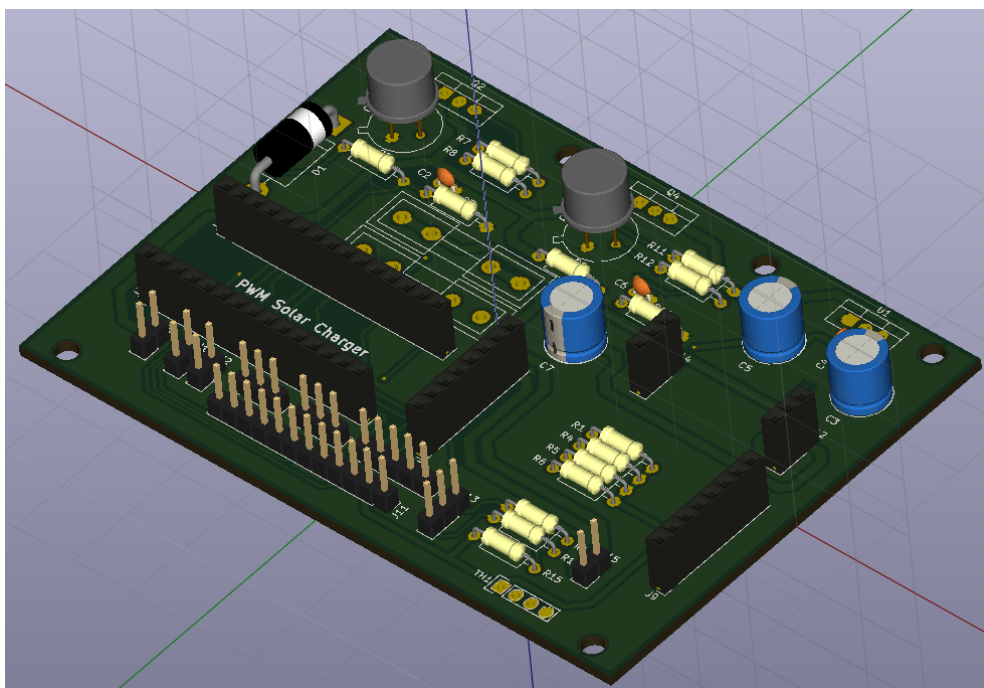
Součástí návrhu desky plošných spojů je i potisk. Grafické zobrazení součástek je obsaženo již v databázi součástek a je součástí vloženého footprintu. Doplnující potisk je možné přidat přes ikonku  a vkládat tak textové poznámky do vrstvy „F.SilkS“ nebo „B.SilkS“. Příklad sítotisku znázorněn modře na příkladu desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému viz obrázek č. 27.



Obrázek 27: Znázorněný sítotisk desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému.



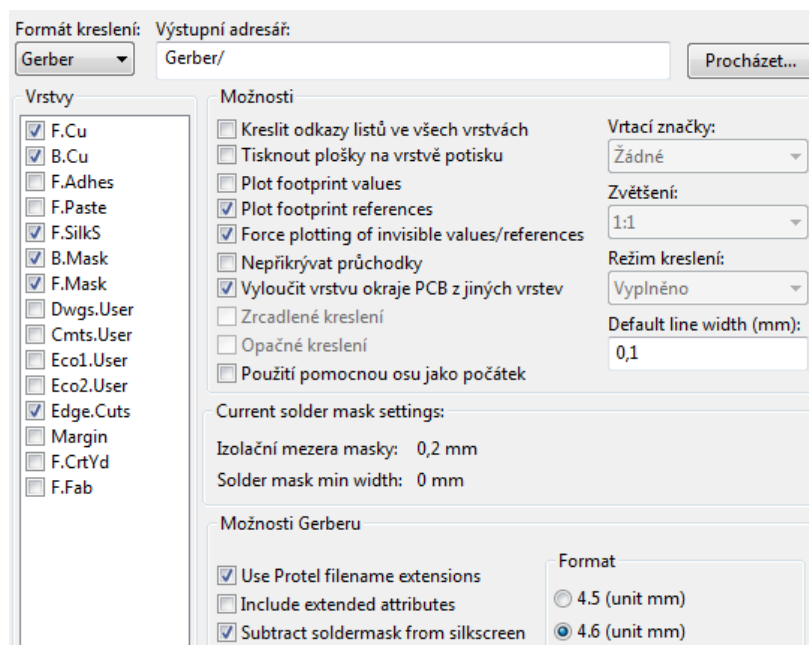
Ke kontrole desky plošných spojů lze použít i 3D náhled na osazenou desku, který může pomoci s analýzou mechanických kolizí, případně při úvaze osazení některých komponent chladiči. Zobrazení lze vyvolat pomocí menu „Pohled“ – „3D Viewer“. Nad zobrazovací plochou jsou ikonky, které slouží k natačení pohledu a pod ikonkou  lze upravit, které vrstvy mají být zobrazeny. Příklad 3D modelu desky plošných spojů pro ostrovní nabíjecí systém viz obrázek č. 28.



Obrázek 28: Příklad zobrazení 3D desky plošných spojů pro účely kontroly.

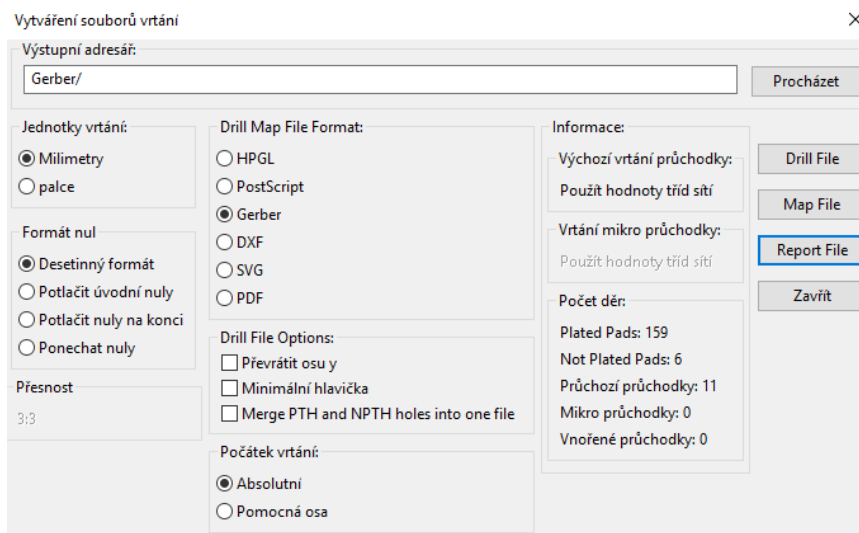
### 3.2.6 Export dat pro výrobu.

Export dat pro výrobu je v roletovém menu „Soubor“ – „Plot“. V dialogu je možné nastavit výstupní parametry, které jsou potřebné pro druh použití těchto dat. Pro výrobu desek plošných spojů je důležité vybrat příslušné vrstvy, které je požadováno zpracovat. Vrstvy mědi (F.Cu, B.Cu), vrstva obrysu desky (Edge.Cuts), vrstva sítotisku (F.SilkS) a vrstvy nepájivých masek (F.Mask, B.Mask). Potřebné nastavení může být rozdílné, např. pokud je vyžadován osazovací list, pokud je potřebný sítotisk nebo pokud je vyžadovaná povrchová úprava průchodek při povrchové úpravě HAL [21]. Zásadní rozdíl je mezi exportem dat pro výrobu desky plošných spojů nebo jen tvorbou dokumentace. Příklad nastavení pro export dat pro výrobu desky plošných spojů je na obrázku č. 29.



Obrázek 29: Dialog s nastavením exportu gerber dat.

Tlačítkem „Kreslit“ se vygenerují gerber data bez souřadnic pro vrtání otvorů. Vrtací data je nutné vygenerovat pomocí tlačítka „Generovat soubor vrtání“. Pro jednotky vrtání se používá metrický systém, formát je nutné vybrat dle použití. Pro ruční výrobu je postačující formát PDF [22], který lze vytisknout jako předlohu pro ruční výrobu. V případě profesionální výroby je standardem výstup v gerber datech. Po stisku tlačítka „Drill File“ je vygenerován soubor „\*.drl“ a soubor „\*-NPTH.drl“. Soubor „\*.drl“ obsahuje informace o prokovených otvorech a soubor, který má v názvu „NPTH“ pro otvory, které nejsou prokovené a slouží např. jako montážní otvory. Příklad nastavení na obrázku č. 30.



Obrázek 30: Dialog s nastavením exportu vrtacích dat.



Export kusovníku lze z roletového menu „Soubor“ – „Fabrication Outputs“ – „Soubor BOM“. Kusovník lze zpracovat v tabulkovém procesoru a obsahuje veškeré komponenty použité v elektrickém schématu. Příklad kusovníku desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému viz obrázek č. 31.

ID	Pozice	Pouzdro	Množství	Hodnota / Typ
1	,,,,	MountingHole_3.2mm_M3	6	MountingHole_3.2mm_M3
2	C1,C5,C7	CP_Radial_D8.0mm_P2.50mm	3	470uF/10V
3	C2,C3,C4,C6	C_Disc_D3.0mm_W1.6mm_P2.50mm	4	100nF
4	D1	D_DO-201AD_P15.24mm_Horizontal	1	1N582
5	F1,F2	Fuseholder5x20_horiz_open_inline_Type-I	2	FST03.15
6	J2	Pin_Header_Straight_1x02_Pitch2.54mm	1	Solar 9V
7	J3	Pin_Header_Straight_1x05_Pitch2.54mm	1	FOTO SENSOR
8	J5	Pin_Header_Straight_1x02_Pitch2.54mm	1	SLA-MS6V12
9	J7	Pin_Header_Straight_1x03_Pitch2.54mm	1	MG995_1
10	J8	Pin_Header_Straight_1x03_Pitch2.54mm	1	MG995_2
11	J11	Pin_Header_Straight_1x12_Pitch2.54mm	1	LCD PQC2004CW
12	J13	Pin_Header_Straight_1x03_Pitch2.54mm	1	LED_OSRGHC3132A
13	J15	Pin_Header_Straight_1x02_Pitch2.54mm	1	LOAD
14	Q1,Q3	TO-39-3	2	2N2222A
15	Q2,Q4	TO-220-3_Vertical	2	IRF9540N
16	R2,R9	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	2	100K
17	R3,R10	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	2	20K
18	R1,R4,R5,R6,R8,R12,R15	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	7	10K
19	R7,R11	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	2	1K
20	R13,R14	R_Axial_DIN0207_L6.3mm_D2.5mm_P10.16mm_Horizontal	2	330R
21	TH1	DHT22	1	DHT22
22	U1	TO-220-3_Vertical	1	LM1085-5.0
23	J4,J6	Socket_Strip_Straight_1x15_Pitch2.54mm	2	Arduino Nano
24	J9,J10	Socket_Strip_Straight_1x08_Pitch2.54mm	2	XL4005 DC-DC
25	J12,J14	Socket_Strip_Straight_1x03_Pitch2.54mm	2	ACS712 MODULE
26	J1	Pin_Header_Straight_1x02_Pitch2.54mm	1	Solar switch

Obrázek 31: Ukázka kusovníku vygenerovaný z modulu Pcbnew.

### 3.3 Prohlížeč gerber dat.

#### 3.3.1 Popis modulu GerbView.

Prohlížeč gerber dat slouží k interpretaci dat pomocí grafického výstupu, který zobrazí trasy vodivých cest i s popisy a otvory z vrtací tabulky. Prostředí tvoří pracovní plochu a po levé straně jsou ikonky, které slouží pro nastavení zobrazení. V pravé části od pracovní plochy je seznam vrstev, které lze libovolně vypínat a zapínat. Pomocí ikonky  pro načtení gerber souborů zobrazíme dialog pro výběr požadovaných souborů, kde je vhodné vybrat všechny dříve vyexportované gerber data. Následně pomocí ikonky  lze načíst vrtací tabulku u které je stejný postup jako u načtení gerber dat. Výhodou modulu je funkce, která se nachází v roletovém menu „Soubor“ – „Export to Pcbnew“. Lze tak gerber data z různých programů exportovat do editačního modulu Pcbnew a umožnit tak editaci desky plošných spojů. V modulu je vhodné provádět finální kontrolu před odesláním k výrobě. Někteří výrobci požadují specifické názvy souboru, které odpovídají

předepsaným vrstvám. Tato kontrola správných názvů se provádí v modulu GerView, zda správně pojmenovaná vrstva skutečně obsahuje požadovaná data.

Pro výrobu desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému, jejíž tvorba je popsána v praktické části, byla oslovena firma PragoBoard s.r.o. [23], která má výčet požadavků na výrobu a je nutné tyto parametry zkontrolovat. Požadavky jsou různorodé a mění se dle technologie výroby a požadavků na vlastnosti DPS, např. jde o dodržení izolační vzdálenosti, min. šířku vodivého spoje, tloušťku měděné fólie, rozměry DPS, min. průměr vrtaného otvoru atd.

V programu KiCAD proběhl návrh DPS pro ostrovní nabíjecí systém a její výrobní podklady jsou obsaženy v příloze B.

## **4 Návrh a realizace ostrovního nabíjecího systému.**

### **4.1 Řídicí systém ostrovního nabíjecího systému.**

Pro správnou funkci ostrovního nabíjecího systému je potřeba zajistit správné nabíjecí napětí na akumulátoru i přes napěťový výkyv na solárním panelu, který je způsobený změnou intenzity světla dopadající na solární panel. Jakmile je akumulátor plně nabit, je nutné akumulátor odpojit od solárních panelů, aby nebyl akumulátor přebíjen a nesnižovala se tak životnost akumulátoru. Nabíjecí napětí je definováno výrobcem a liší se v závislosti na teplotě. Tato korekce je uvedena v datovém listu akumulátoru.

### **4.2 Řídicí systém PWM.**

Řídicí systém s PWM modulací pracuje na principu změny střídání [24] signálu a pomocí kapacitní složky lze změnou střídání regulovat napětí na akumulátoru. Nevýhoda tohoto principu je, že při nadbytečném napětí na solárním panelu dochází k prodloužení doby vypnutého stavu v periodě a energie je tak nevyužitá. Z hlediska ztrát na vedení je výhodné řadit solární panely sériově a přenášet vyšší napětí. V případě použití PWM modulace k regulaci je ovšem vysoké napětí nevýhodné a ztrátové. Tato regulace ovšem poskytuje výhodu v jednoduchosti provedení a pokud není efektivita primárním cílem funkce lze tuto metodu použít.

### **4.3 Řídicí systém MPPT.**

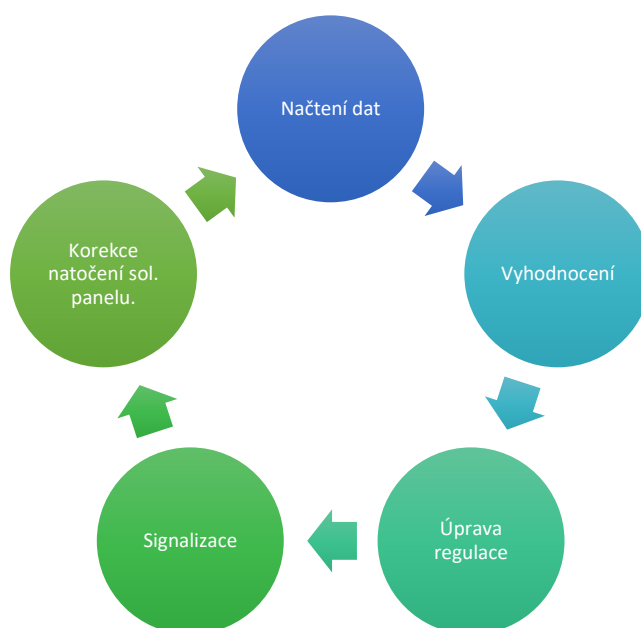
Řídicí systém na principu MPPT využívá principu DC-DC měniče. Vstupní stejnosměrné napětí na solárním panelu se změní na vysokofrekvenční střídavé napětí. Napětí se transformuje na požadovanou stejnosměrnou úroveň, avšak tímto způsobem dojde k navýšení protékajícího proudu a tím k zachování přenosu energie při změně napětí ze solárního panelu na nabíjecí úroveň. Zcela zásadní výhodou tohoto principu je možnost sériového zapojení solárních panelů a přenášet mnohem vyšší napětí a tím energii s menší ztrátou. Toto napětí je transformováno a tedy sníženo, ale nabíjecí proud je vyšší, než jsou solární panely schopné dodat před MPPT regulátorem. Ztráty této regulace jsou pouze ztrátami na aktivních a pasivních součástkách proměněné v teplo. Udávané ztráty MPPT regulátorů výrobci se udávají kolem 5 %. Nevýhodou řešení je složitost realizace a pořizovací cena.

## 4.4 Požadavky na ostrovní nabíjecí systém.

Při návrhu ostrovního nabíjecího systému je nutné stanovit požadavky na toto zařízení. Požadavky vyplývají z použití, které je definováno jako nezávislý systém, který disponuje akumulátorem dobíjený solární energií, umožňuje nabíjení veškeré elektroniky, která disponuje konektorem USB a umožňuje přes toto rozhraní nabíjení. Je nutné dodržet nabíjecí napětí 5 V a maximální výstupní proud byl stanoven na 2,5 A. Tato hodnota je dostačující pro nabíjení současné nositelné elektroniky a umožňuje nabíjet i více zařízení najednou. Podstatný požadavek je mobilita zařízení, a proto je zvolen interní solární panel, který není fixován na místě. Toto řešení přináší nevýhodu v možnostech rozměru solárního panelu, a tedy v dodávaném množství energie. Je nutné zvolit akumulátor, který pojme vyšší množství energie, jelikož solární panel není schopen v reálném čase vydanou energií kompenzovat. Požadavky na efektivitu zařízení nejsou vysoká z důvodu dostatku času pro obnovu energie v akumulátoru, a proto je dána přednost komfortu použití, což se odráží v nutnosti mobility zařízení a nutnosti automatického směřování solárního panelu za zdrojem světla. Tímto způsobem odpadá nutnost lidského zásahu a zařízení je soběstačné na jakékoliv pozici. Z těchto požadavků také vyplývá možnost použít PWM regulaci, která svojí efektivitou dostačuje.

## 4.5 Návrh řídicího systému.

Řízení ostrovního nabíjecího systému je realizované pomocí modulu Arduino Nano, který řídí veškeré funkce zařízení a toto řízení je blokově znázorněno na obrázku č. 32.



Obrázek 32: Blokové znázornění funkce řízení.

### **Načtení dat.**

V této části je nutné načíst vstupní parametry, jako teplota baterie, napětí na solárním panelu, napětí na akumulátoru a výstupní proud.

### **Vyhodnocení.**

V této části se hodnotí podmínky a stav zařízení. Zda je solární panel schopen dobíjet akumulátor, zda je z akumulátoru možné odebírat proud a nebyl vybit pod jeho kritickou hodnotu, zda je na výstupu připojeno zařízení a jeho odběr nepřesahuje stanovenou mez.

### **Úprava regulace.**

Tato část upravuje PWM metodou nabíjecí úroveň napětí v závislosti na teplotě akumulátoru, napětí na solárním panelu a napětí akumulátoru. V případě překročení odebíraného proudu je výstup z akumulátoru odpojen, ale nabíjení interního akumulátoru může stále pokračovat.

### **Signalizace.**

Jsou poslány aktuální informace na display a na stavovou LED diodu.

### **Korekce natočení solárního panelu.**

V této části dojde k vyhodnocení ze senzoru kolmosti ke zdroji světla a případně ke korekci polohy solárního panelu. Senzor je realizován pomocí fotorezistorů [25], které jsou oddělené přepážkou. Vzhledem k úspoře energie této korekce je prováděna pouze ve stanovený interval. Mimo tento interval je polohovací zařízení deaktivováno.

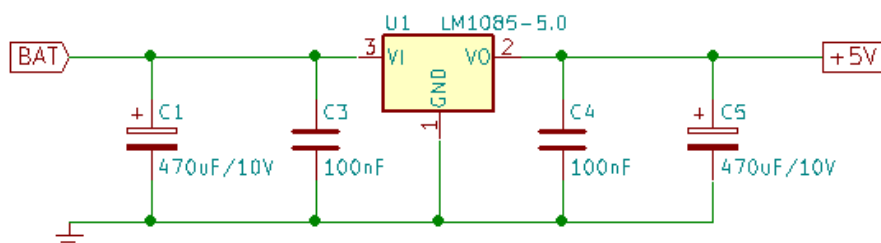
Tento režim se neustále opakuje a je tím celý systém řízen.

## **4.6 Návrh ostrovního nabíjecího systému.**

Pro realizaci ostrovního nabíjecího systému je použit návrhový software KiCAD pro vytvoření elektrického schématu zařízení a k návrhu a výrobě desky plošných spojů. K mechanickému návrhu je použit mCAD systém SolidWorks a veškeré modely jsou koncipovány pro technologii výroby pomocí 3D tisku [26] a tím není nutné zpracovávat výkresovou dokumentaci mechanických částí. Řídicí software pro modul Arduino nano je programován v programu „Arduino IDE“.

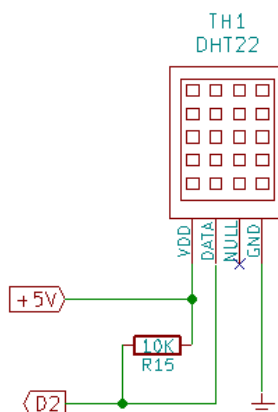
#### 4.6.1 Elektrický návrh ostrovního nabíjecího systému.

Elektrické schéma části PWM regulace, měření napětí na solárním panelu a akumulátoru vychází ze zapojení solární nabíječky<sup>1</sup> uvedené na internetu. Pro napájení modulu Arduino Nano, servomotorů [27], senzoru teploty, modulu pro měření výstupního proudu a děličů s fotorezistory slouží napájecí část 5 V na obrázku č.33. Napájení obvodu je realizováno z interního akumulátoru.



Obrázek 33: Napájecí část ostrovního nabíjecího systému.

Snímání teploty je realizováno pomocí senzoru DHT22 [28], které komunikuje s modulem Arduino nano pomocí vlastního protokolu. Zapojení tohoto senzoru je na obrázku č. 34.



Obrázek 34: Zapojení senzoru DHT22.

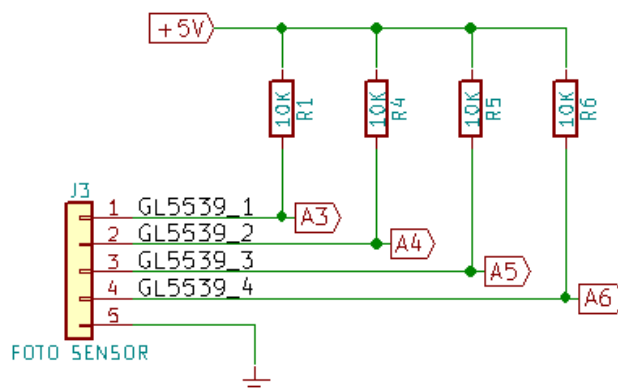
Pro měření výstupního proudu je použit modul AC5712, který obsahuje proudový senzor ACS712 [29]. Z akumulátoru je převáděno napětí na požadovaných 5 V pomocí DC-DC měniče XL4005 [30]. Pro měření napětí solárního panelu a akumulátoru je použit dělič, jehož rezistory jsou vypočítány ze vztahu

$$V_{in} = V_{out} \frac{(R_1 + R_2)}{R_1 \cdot R_2} \quad (1)$$

<sup>1</sup> <http://www.instructables.com/id/ARDUINO-SOLAR-CHARGE-CONTROLLER-Version-20/>

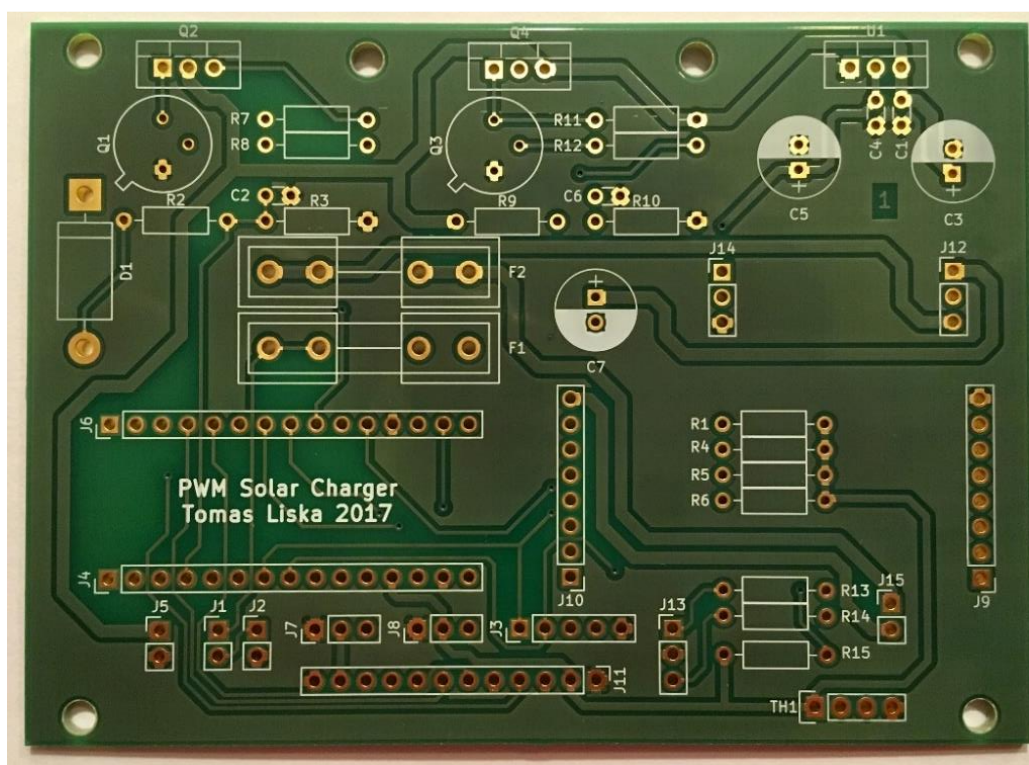


s tím, že  $V_{in}$  může nabývat hodnot maximálně 5 V, což je maximální hodnota na vstupu A/D převodníku [31] v modulu Arduino nano. Vztah č.1 je použit i pro výpočet děličů s fotorezistory, které jsou součástí senzoru pro kolmost zdroje světla.

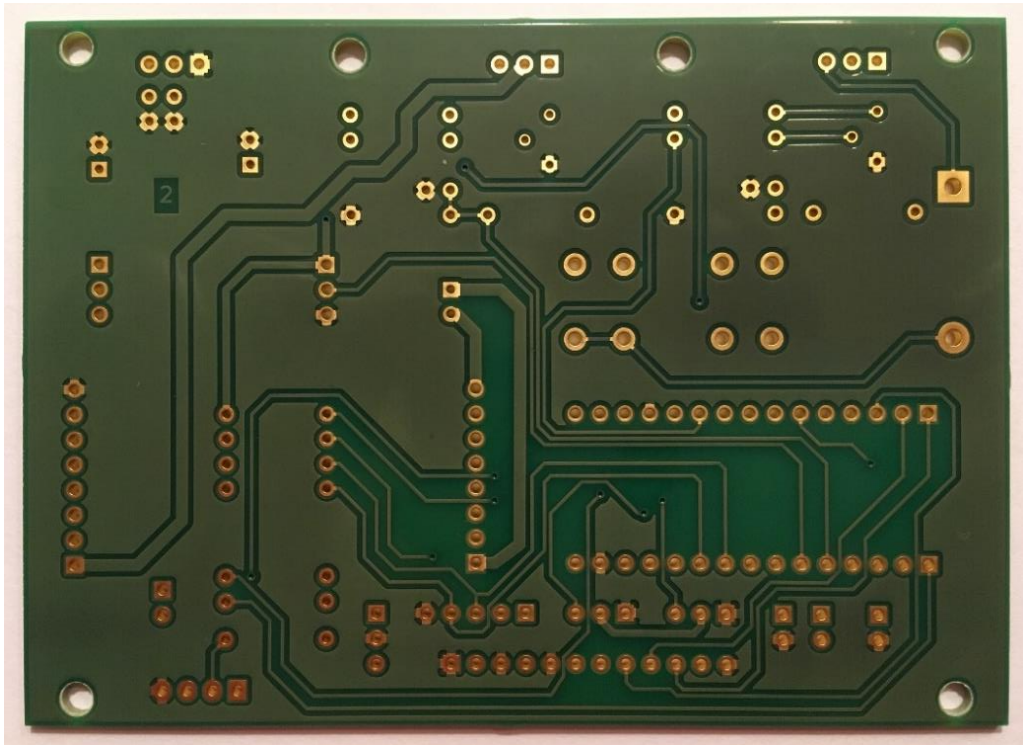


Obrázek 35: Soubor děličů v senzoru kolmosti zdroje světla.

Zapojení z elektrického schématu je realizováno pomocí desky plošných spojů, která byla vytvořena pomocí nástroje KiCAD a exportovaná data sloužila jako předloha pro výrobu profesionální firmou PragoBoard. Výsledná DPS je na obrázku č. 36. a 37.



Obrázek 36: Vyrobená řídicí DPS ze strany – top.



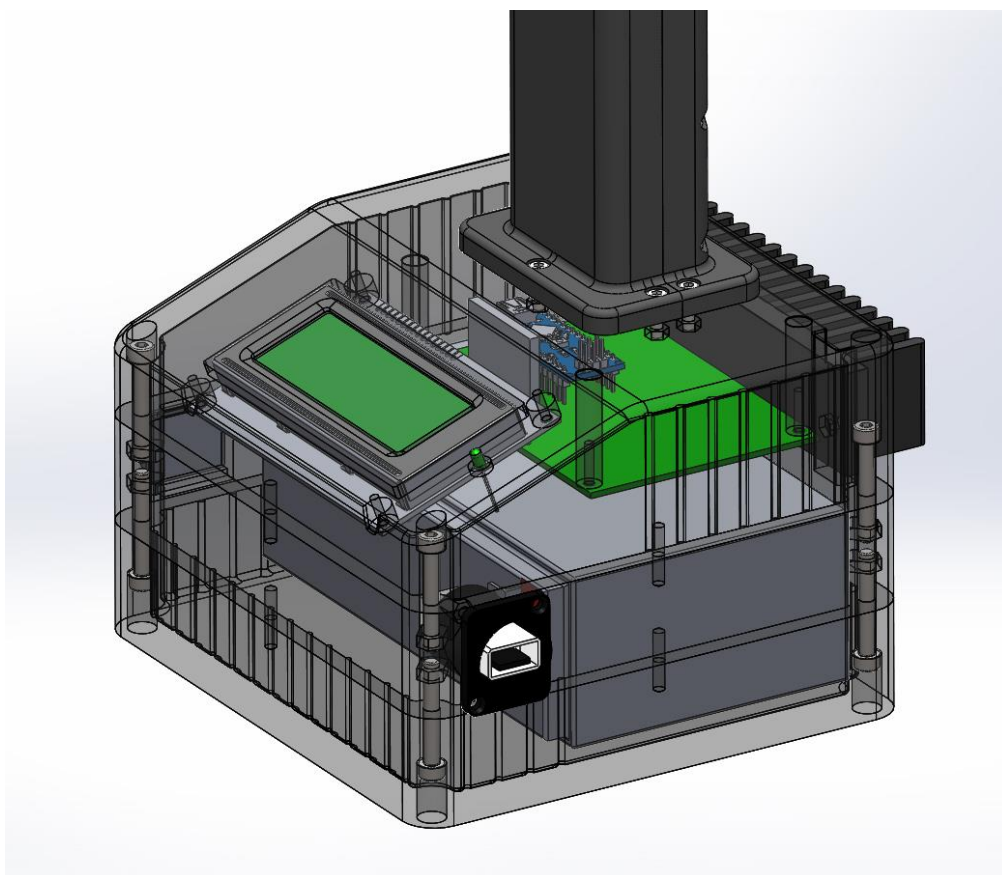
*Obrázek 37: Vyrobená řídicí DPS ze strany – bottom.*

#### **4.6.2 Mechanický návrh ostrovního nabíjecího systému.**

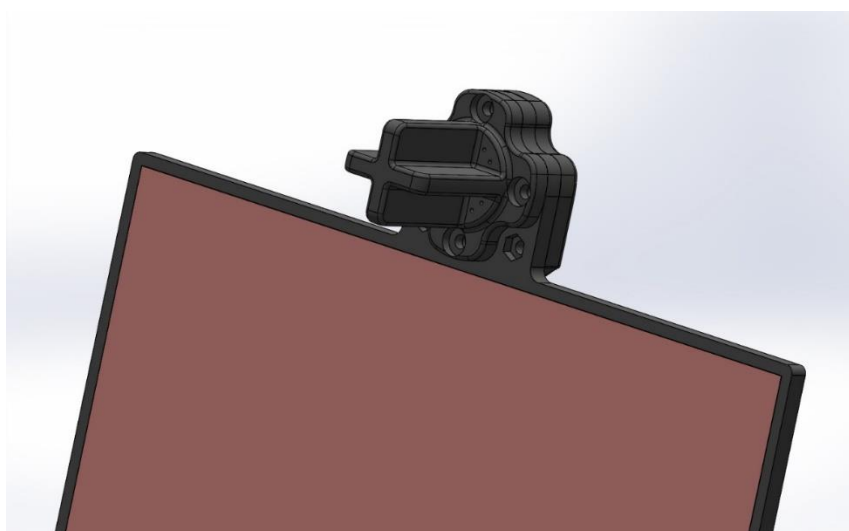
Výchozí parametry pro mechanickou realizaci ostrovního nabíjecího systému vychází z rozměrů akumulátoru SLA-MS6V12 [32], solárního panelu 9 V, servomotorů MG995 [33] a desky plošných spojů řídicího systému navržené v programu KiCAD. Vzhledem k realizaci pomocí 3D tisku je dostačující 3D model exportovaný do formátu STL [34]. Návrh realizace je na obrázku č. 38., č. 39 a č. 40.



*Obrázek 38: 3D model ostrovního nabíjecího systému.*



*Obrázek 39: Vnitřní uspořádání komponent na 3D modelu.*



*Obrázek 40: Realizace senzoru kolmosti ke zdroji světla.*

Návrh proběhl v programu SolidWorks, veškerá data sestavy a výrobní modely pro 3D tisk jsou obsažena v příloze C.

### 4.6.3 Návrh softwaru pro ostrovní nabíjecí systém.

Program pro modul Arduino nano je kompilován v programu Arduino IDE [35] verze 1.8.5. Cyklicky jsou spouštěny tyto knihovny:

#### **nactiData();**

Tato funkce zprostředkuje načtení dat z teplotního čidla DHT22, napětí na solárním panelu, napětí na akumulátoru a proudu na výstupu. Data jsou zprůměrovaná, a to z počtu naměřených hodnot, který je uveden v proměnné „prumerovani“.

```
#define prumerovani 25
```

Toto vyhodnocení má za následek dosažení stabilních výsledků. Napětí je vypočítáno ze vztahu (1) a je zohledněn A/D převodník v modulu Arduino nano, který má 10 bitů a je tedy schopen rozlišit 1024 hodnot. Při napětí 5 V logické „1“ jde tedy o konstantu 0,00488. Tuto teoretickou hodnotu bylo třeba upravit z důvodu nepřesnosti reálných součástek a to tak, že načtená hodnota byla porovnána s naměřeným údajem na multimetru [36]. Konstanta je tedy 0,00495.

```
solarNapeti = cti_ADC(solarADC) * 0.00495 * (120 / 20);
```

#### **teplotniKompenzace();**

Tato funkce upravuje proměnnou „nabijeciNapetiStandBy“, která se používá při výpočtu nastavení PWM regulace. Výrobce stanovuje nabíjecí napětí na 6.85 V při 25°C s korekcí -0,02 V/°C. Tato korekce je řešena tímto kódem:

```
teplotniKorekce = teplota - 25.0  
nabijeciNapetiStandBy = (NABIJECI_NAPETI_STANDBY) - (0.020 *  
teplotniKorekce);
```

#### **nabijeciCyklus();**

Algoritmus této funkce kontroluje, zda jsou splněny teplotní podmínky pro nabíjení akumulátoru a zda je napětí na solárním panelu vyšší, než je současně požadované nabíjecí napětí akumulátoru a také pokud není na akumulátoru již dosaženo požadovaného napětí. Při splnění všech podmínek jsou nastaveny proměnné, které ovládají signalizaci stavu ostrovního nabíjecího systému a PWM regulaci.

Sekundární vlastností funkce je odpojení baterie v určitý časový cyklus, který je definován proměnnou „intervalMereni“, který je nastaven na 15 minut. Tohoto stavu je využíváno pro měření napětí akumulátoru „naprázdno“ k odhadu nabití akumulátoru.

#### **kontrolaZatizeni());**

Funkce vyhodnocuje výstupní proud a v případě vysokého odběru nebo vybité baterie zprostředkuje změnu signalizace stavu a případně výstup odpojí. Tato hodnota je definovaná proměnnou „MAX\_ODBER“ a je stanovena na 2,5 A. V případě změny této hodnoty je nutné upravit elektrické schéma pro tuto zátěž.

#### **indikaceLED());**

Kód funkce zajišťuje změnu indikace pomocí LED diody. LED dioda umožňuje svítit zeleně a červeně a pomocí variace blikání a změn barev lze identifikovat stav ostrovního nabíjecího systému.

#### **lcdDisplay());**

Tato funkce definuje rozložení zobrazených informací na displeji. Jsou v ní definovány také specifické symboly, které jsou použity pro zpřehlednění zobrazených údajů na displeji. Například ikonka baterie, solárního panelu, teploměru atd. viz obrázek č. 41.

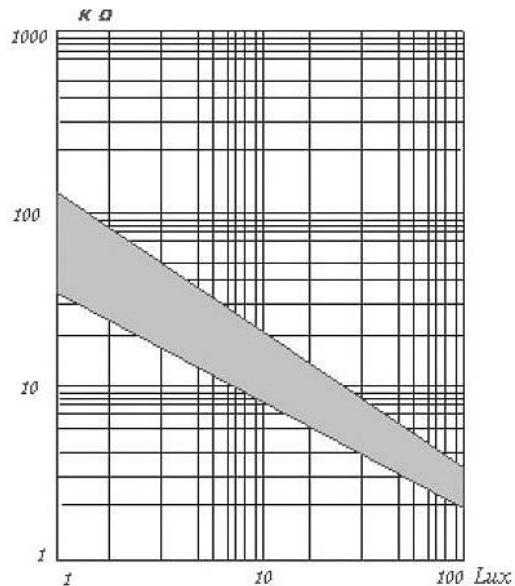


Obrázek 41: Příklad zobrazení hodnot proměnných na displeji.

#### **nastavServa());**

V této funkci je načítána analogová hodnota výstupu děličů s fotorezistory, které jsou v senzoru kolmosti zdroje světla. Je využíváno stejného principu jako při měření napětí na solárním panelu a napětí na akumulátoru.

Rozdílný přístup je v korekci, u které je nutné počítat s odchylkou odporu na fotorezistorech při stejném osvětlení a také s jiným průběhem, viz obrázek č. 42 mezi konkrétními fotorezistory.



Obrázek 42: Možný rozsah parametrů fotorezistoru GL5528.

Načtení hodnot, korekce rozdílných parametrů fotorezistorů a korekce strmosti změny vlastností mezi jednotlivými fotorezistory:

```

fotoRezistor1 = cti_ADC(cidloJasu1ADC);
fotoRezistor2 = cti_ADC(cidloJasu2ADC);
fotoRezistor3 = cti_ADC(cidloJasu3ADC);
fotoRezistor4 = cti_ADC(cidloJasu4ADC);
spinacJasu = 0;
if (fotoRezistor1 > 1000 || fotoRezistor2 > 1000 || fotoRezistor3 > 1000
|| fotoRezistor4 > 1000)
{
    fotoRezistor1 = fotoRezistor1 - 68;
    fotoRezistor2 = fotoRezistor2 - 0;
    fotoRezistor3 = fotoRezistor3 - 50;
    fotoRezistor4 = fotoRezistor4 - 62;
    spinacJasu = 1;
}
if ((fotoRezistor1 > 900 || fotoRezistor2 > 900 || fotoRezistor3 > 900 ||
fotoRezistor4 > 900) && (spinacJasu == 0))
{
    fotoRezistor1 = fotoRezistor1 - 137;
    fotoRezistor2 = fotoRezistor2 - 0;
    fotoRezistor3 = fotoRezistor3 - 100;
    fotoRezistor4 = fotoRezistor4 - 125;
    spinacJasu = 1;
}
if ((fotoRezistor1 > 800 || fotoRezistor2 > 800 || fotoRezistor3 > 800 ||
fotoRezistor4 > 900) && (spinacJasu == 0))
{
    fotoRezistor1 = fotoRezistor1 - 275;
    fotoRezistor2 = fotoRezistor2 - 0;
    fotoRezistor3 = fotoRezistor3 - 200;
    fotoRezistor4 = fotoRezistor4 - 250;
}

```

Na základě naměřených údajů jsou nastavována servomotory, které polohují solárním panelem. Algoritmus automaticky přetočí solární panel v případě, že servomotor je již na koncové poloze a ostrovní nabíjecí systém tak automaticky umožňuje upravovat natočení ke zdroji světla v úhlu 360 ° kolem své osy a 180 ° v horní polovině systému.

Kvůli úspoře energie této energeticky náročné korekce natočení je stanovena konstanta "INTERVAL\_MERENI\_SERVA", která umožňuje nastavit časový úsek pro opětovnou korekci natočení solárních panelů. Mimo tento interval jsou servomotory deaktivovány a neodebírají žádný proud.

```
if ((soucasnyCasServa - predeslyCasServaPauza) > intervalMereniServa)
{
    predeslyCasServaPauza = soucasnyCasServa;
    myservo1.attach(5);
    myservo2.attach(6);
    predeslyCasServa = millis();
do
```

**wdt\_reset();**

Jedná se o funkci, která má za úkol reset „watchdoku“ [37], který zajišťuje opětovné spuštění systému v případě neočekávané chyby.

Vývoj softwaru proběhl ve vývojovém prostředí programu Arduino IDE a zdrojový kód je obsažen v příloze D.

## 4.7 Kompletace ostrovního nabíjecího systému.

### 4.7.1 Osazení desky plošných spojů.

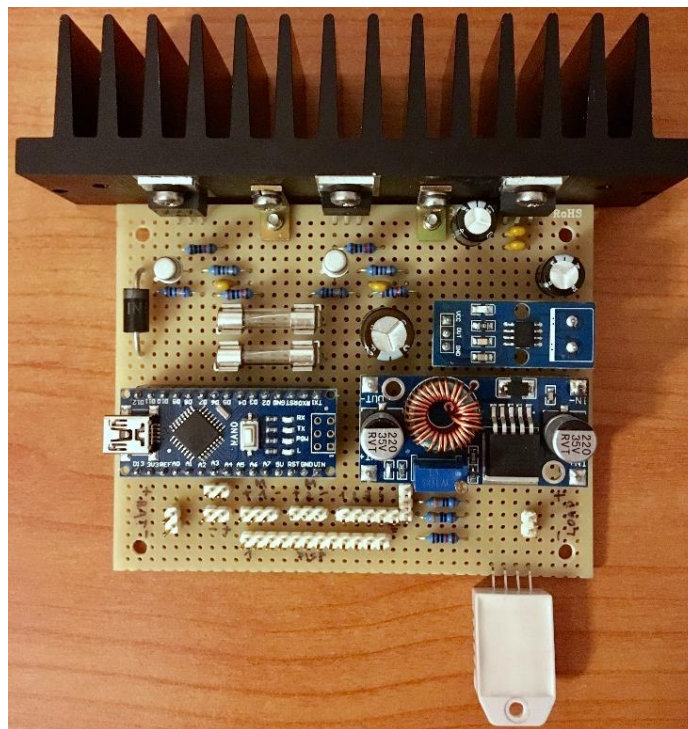
Z elektrického schématu ostrovního nabíjecího systému byl v programu KiCAD vygenerován seznam materiálu pro osazení desky plošných spojů. V tabulce č. 1 jsou uvedeny pozice, množství kusů a hodnota nebo typ součástky.

	<b>Pozice</b>	<b>Množství</b>	<b>Hodnota</b>
<b>1</b>	C1,C5,C7	3	470uF/10V
<b>2</b>	C2,C3,C4,C6	4	100nF
<b>3</b>	D1	1	1N582
<b>4</b>	F1,F2	2	FST03.15
<b>5</b>	J2	1	Solar 9V
<b>6</b>	J3	1	FOTO SENSOR
<b>7</b>	J5	1	SLA-MS6V12
<b>8</b>	J7	1	MG995_1

9	J8	1	MG995_2
10	J11	1	LCD PQC2004CW
11	J13	1	LED_OSRGHC3132A
12	J15	1	LOAD
13	Q1,Q3	2	2N2222A
14	Q2,Q4	2	IRF9540N
15	R2,R9	2	100K
16	R3,R10	2	20K
17	R1,R4,R5,R6,R8,R12,R15	7	10K
18	R7,R11	2	1K
19	R13,R14	2	330R
20	TH1	1	DHT22
21	U1	1	LM1085-5.0
22	J4,J6	2	Arduino Nano
23	J9,J10	2	XL4005 DC-DC
24	J12,J14	2	ACS712 MODULE
25	J1	1	Solar switch

*Tabulka 1: Seznam materiálu k osazení DPS ostrovního nabíjecího systému.*

K vytvoření prototypu byl použit univerzální plošný spoj. Sestavená DPS ostrovního nabíjecího systému je na obrázku č. 43.



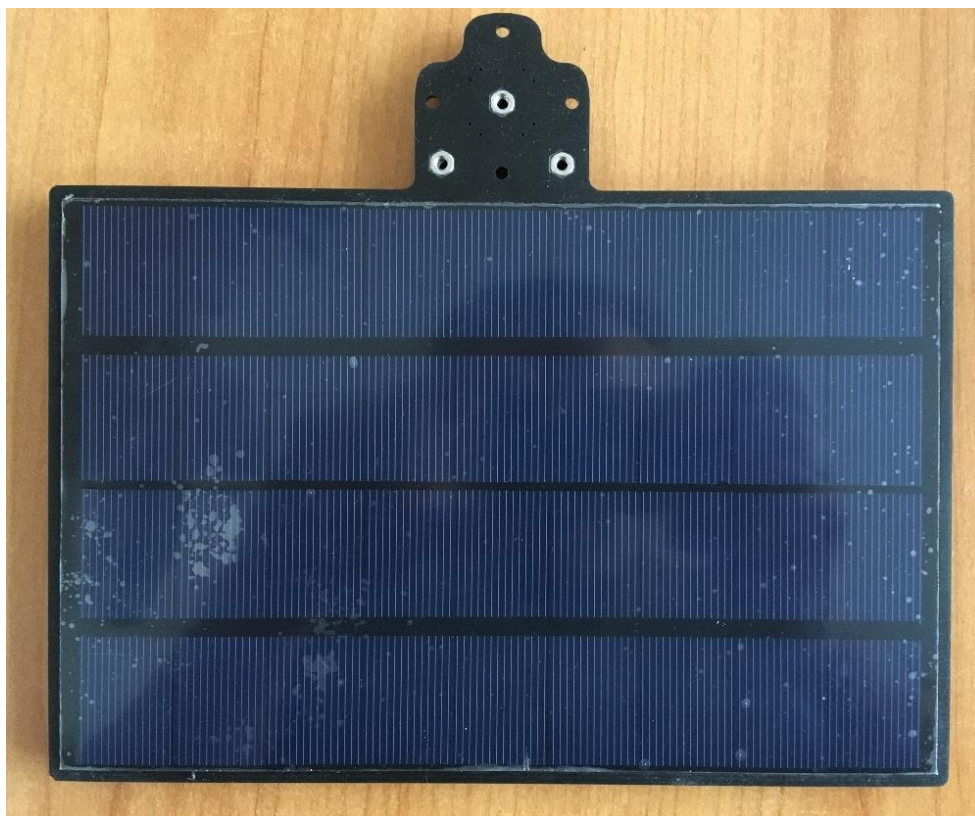
*Obrázek 43: Osazená DPS ostrovního solárního systému.*



Teplotní senzor DHT22 je orientován na DPS v blízkosti akumulátoru. Arduino nano, modul XL4005 a modul ACS712 je osazen na pinové liště 2,54 mm. Tranzistory Q2, Q4 a stabilizátor napětí U1 jsou připevněny na hliníkový hladič, který slouží k odvodu tepla a jako mechanické upevnění DPS v těle ostrovního nabíjecího systému. Veškeré výstupní a vstupní periferie jsou na DPS vyvedeny pomocí pinové lišty 2,54 mm.

#### **4.7.2 Montáž ostrovního nabíjecího systému.**

Ke kompletaci ostrovního nabíjecího systému je nutné osadit solární panel do paraboly, sestavit senzor kolmosti zdroje světla, připojit akumulátor, osadit DPS řídicího systému a display. Servomotory jsou připojené mezi základnou a parabolou se solárním panelem. Jejich montáž je realizována na kloubovém spojení z plechových dílů. Na obrázku č. 44 je sestavení solárního panelu s parabolou. Obrázek č. 45 zobrazuje připojení senzoru kolmosti zdroje světla.

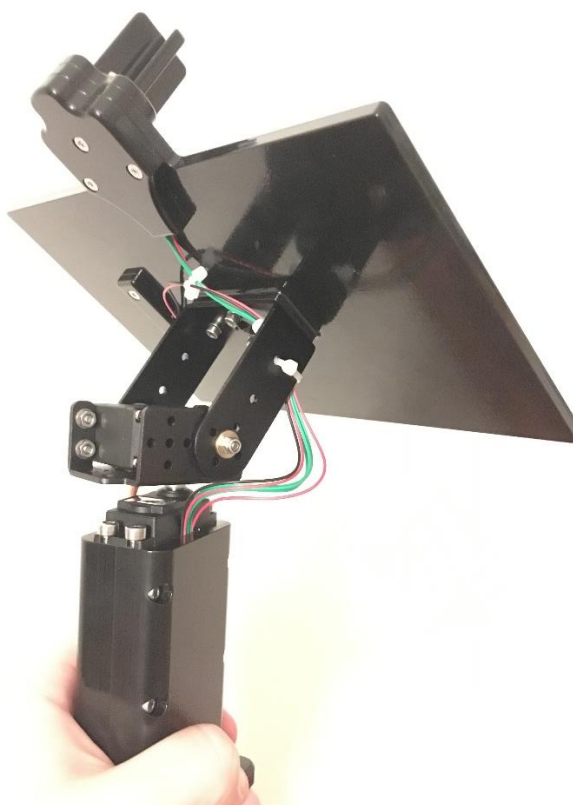


*Obrázek 44: Solární panel v parabolě ostrovního nabíjecího systému.*



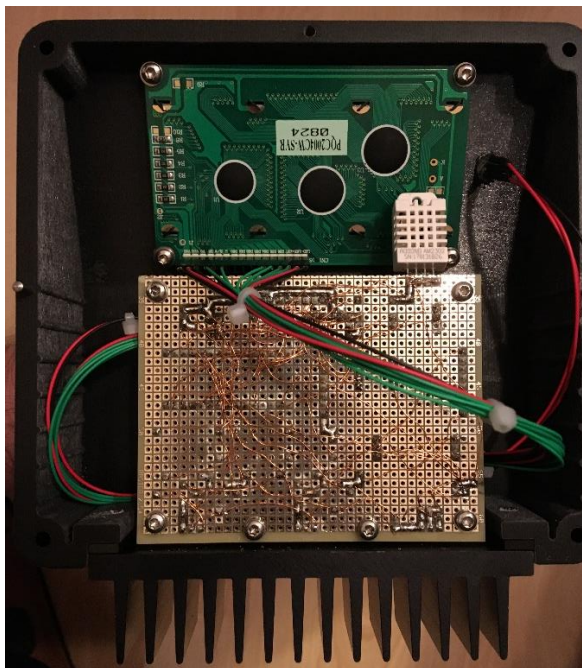
*Obrázek 45: Připojení senzoru kolmosti zdroje světla.*

Sestava stožáru se servomotory a parabolou na obrázku č. 46.



*Obrázek 46: Sestava stožáru se servomotory připojené k parabole.*

Osazený displej, prototypová DPS řídicího systému a kabeláž na obrázku č. 47.

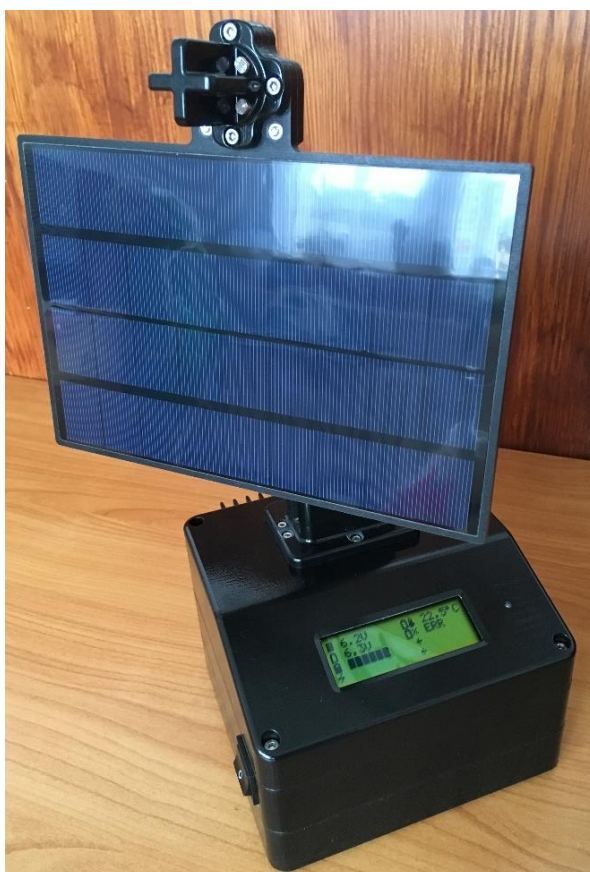


Obrázek 47: Osazený displej, DPS řídicího systému a kabeláž.

Pohled na kompletně sestavenou sestavu ostrovního nabíjecího systému na obrázku č. 48 a 49.







Obrázek 48: Pohled na zadní část ostrovního nabíjecího systému.



Obrázek 49: Pohled na přední část ostrovního nabíjecího systému.

### 4.7.3 Popis funkce ostrovního nabíjecího systému.

Ostrovní nabíjecí systém disponuje USB výstupem, který slouží jako výstup pro nabíjení s parametry 5 V a maximální odběr 2,5 A. Konektor USB je mezi piny „DATA +“ a „DATA –“ vyzkratován, toto zapojení je pro většinu zařízení určující jako nedatový typ připojení a signalizuje pro zařízení možnost vyššího odběru energie než při připojení na USB v počítači. Při zapnutí ostrovního nabíjecího systému dojde k inicializaci v podobě automatického natočení solárního panelu ve směru kolmém ke zdroji světla a k odhadu nabití akumulátoru na základě naměřeného napětí bez připojeného výstupu. Zařízení obsahuje display a stavovou LED [38], která dle barvy a frekvence blikání označuje stav zařízení viz. tabulka č. 2.

	System je připraven k nabíjení.
	System nabíjí externí zařízení.
	Akumulátor je vybit, výstup je odpojen.
	Odběr překročil limit, výstup je odpojen.

Tabulka 2: Popis indikace stavové LED.

Display zobrazuje napětí na solárním panelu, napětí na akumulátoru, odhad nabití akumulátoru, zatížení výstupu, teplota akumulátoru a status stavu. Status zobrazuje tři stavy viz. tabulka č. 3:

Status:	Popis:
<b>PWM</b>	Akumulátor je dobíjen v režimu PWM.
<b>CAP</b>	Výstup odpojen – měření stavu akumulátoru.
<b>ERR</b>	Chyba – Teplota akumulátoru mimo rozsah, přetížení výstupu, vybitá baterie nebo nedostatečné napětí na solárním panelu.

Tabulka 3: Možné statusy na displeji.

Zobrazení displeje s popisem je na obrázku č. 50.



Obrázek 50: Displej s popisem zobrazených informací.

## 5 Závěr.

Primárním cílem bakalářské práce bylo vytvořit ucelený text, který popíše návrh elektrického schématu a tvorbu výrobních podkladů pro výrobu desky plošných spojů v programu KiCAD. Tento podklad byl tvořen při reálném návrhu DPS ostrovního nabíjecího systému, který byl dokončen a tím byl ověřen postup reálné výroby DPS profesionální firmou z výrobních podkladů.

Při realizaci ostrovního nabíjecího systému se podařilo původní téma rozšířit o komplexnější pohled na návrh celé sestavy. Bylo nutné zahrnout mechanický návrh a programování mikropočítače v platformě Arduino. Tímto krokem práce poukázala na složitost a nutné propojení různých oborů k realizaci kompletního přístroje.

Pro řídicí systém byla zvolena možnost použití platformy Arduino a PWM regulace nabíjení akumulátoru. Zajímavou alternativou nabíjení akumulátoru by bylo použít metodu MPPT, která by umožnila sériové řazení solárních panelů pro realizaci ve větším měřítku, kde by zvýšená efektivita přenosu energie již byla podstatná. Případně se nabízí nahradit platformu Arduino pomocí PLC [39], jehož periferie jsou lépe přizpůsobené k nasazení v profesionální oblasti.

Nabízela se možnost rozšířit text o popis programovacího jazyka Wiring, případně popis programovacího prostředí Arduino IDE, ve kterém vznikl zdrojový kód pro ostrovní nabíjecí systém. Stejně tak popis programu SolidWorks, ve kterém byl systém navržen po mechanické stránce se nabízí jako vhodné rozšíření. Bohužel toto rozšíření by bylo mimo rámec této bakalářské práce a znovu se tak potvrzuje, že vytvoření kompletního zařízení vyžaduje spolupráci více technických oborů.

## 6 Seznam obrázků.

Obrázek 1: Oficiální logo platformy Arduino. ....	5
Obrázek 2: Popis pinů Arduina Nano. ....	5
Obrázek 3: Úvodní zobrazení „Project manageru“ programu KiCAD. ....	7
Obrázek 4: Ikona pro spuštění modulu Eeschema. ....	7
Obrázek 5: Možnosti pro úpravu komponenty. ....	10
Obrázek 6: Dialog automatického přejmenování komponent ..... 11	11
Obrázek 7: Dialog s nastavením parametrů pinu v editoru schematických značek. ....	12
Obrázek 8: Příklad nakreslení schématické značky v editoru schématických značek. ....	13
Obrázek 9: Dialog s možností nastavení pravidel pro ERC. ....	13
Obrázek 10: Dialog s výpisem chyb a varování v ERC. ....	14
Obrázek 11: Příklad označení varování nezakončených vývodů kontrolou ERC. ....	14
Obrázek 12: Dialog exportu elektrického schématu. ....	15
Obrázek 13: Zobrazení footprintu pouzdra radiálního kondenzátoru. ....	16
Obrázek 14: Zobrazení 3D pohledu na model radiálního kondenzátoru. ....	16
Obrázek 15: Ikona pro spuštění modulu Pcbnew. ....	17
Obrázek 16: Dialog s vrstvami desky plošných spojů. ....	20
Obrázek 17: Dialog s globálním nastavením návrhových pravidel. ....	20
Obrázek 18: Dialog s nastavením návrhových pravidel pro konkrétní el. síť. ....	21
Obrázek 19: Roletové menu s možností volby požadovaného rastru. ....	21
Obrázek 20: Oblast s nastavením viditelnosti a s výběrem aktivní vrstvy (F.SilkS). ....	22
Obrázek 21: Dialog s nastavením parametrů obvodové čáry desky plošných spojů. ....	22
Obrázek 22: Dialog prohlížeče knihovny s footprinty. ....	23
Obrázek 23: Rozložení komponent na desce plošných spojů solární nabíječky. ....	24
Obrázek 24: Dialog s nastavením vyplněné oblasti. ....	25
Obrázek 25: Podoba zapojené desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému. ....	25
Obrázek 26: Ploška v závislosti na parametrech Antipad clearance a Spoke width. ....	26
Obrázek 27: Znázorněný sítotisk desky plošných spojů ostrovního nabíjecího systému. ....	26
Obrázek 28: Příklad zobrazení 3D desky plošných spojů pro účely kontroly. ....	27
Obrázek 29: Dialog s nastavením exportu gerber dat. ....	28
Obrázek 30: Dialog s nastavením exportu vrtacích dat. ....	28
Obrázek 31: Ukázka kusovníku vygenerovaný z modulu Pcbnew. ....	29

Obrázek 32: Blokové znázornění funkce řízení. ....	32
Obrázek 33: Napájecí část ostrovního nabíjecího systému. ....	34
Obrázek 34: Zapojení senzoru DHT22.....	34
Obrázek 35: Soubor děličů v senzoru kolmosti zdroje světla. ....	35
Obrázek 36: Vyrobená řídicí DPS ze strany – top.....	35
Obrázek 37:Vyrobená řídicí DPS ze strany – bottom. ....	36
Obrázek 38: 3D model ostrovního nabíjecího systému. ....	36
Obrázek 39: Vnitřní uspořádání komponent na 3D modelu.....	37
Obrázek 40: Realizace senzoru kolmosti ke zdroji světla. ....	37
Obrázek 41: Příklad zobrazení hodnot proměnných na displeji.....	39
Obrázek 42: Možný rozsah parametrů fotorezistoru GL5528.....	40
Obrázek 43: Osazená DPS ostrovního solárního systému.....	42
Obrázek 44: Solární panel v parabolě ostrovního nabíjecího systému.....	43
Obrázek 45: Připojení senzoru kolmosti zdroje světla. ....	44
Obrázek 46: Sestava stožáru se servomotory připojené k parabolě. ....	44
Obrázek 47: Osazený displej, DPS řídicího systému a kabeláž. ....	45
Obrázek 48: Pohled na zadní část ostrovního nabíjecího systému.....	45
Obrázek 49:Pohled na přední část ostrovního nabíjecího systému. ....	46
Obrázek 50: Displej s popisem zobrazených informací. ....	47



## 7 Reference.

- [1] „Eagle,“ [Online]. Available:  
<https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>.
- [2] „CR-8000,“ [Online]. Available: <https://www.zuken.com/en/products/pcb-design/cr-8000>.
- [3] „KiCAD,“ [Online]. Available: <http://kicad-pcb.org/>.
- [4] „SolidWorks,“ [Online]. Available: <https://www.solidworks.cz/>.
- [5] „NX CAD,“ [Online]. Available:  
<https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/nx/for-design/>.
- [6] „Open Source,“ [Online]. Available: <https://opensource.org/osd>.
- [7] „Arduino,“ [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/>.
- [8] „USB,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Serial\\_Bus](https://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus).
- [9] „Netlist,“ [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Netlist>.
- [10] „Footprint,“ [Online]. Available:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Footprint\\_\(electronics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Footprint_(electronics)).
- [11] „Gerber,“ [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gerber\\_format](https://en.wikipedia.org/wiki/Gerber_format).
- [12] „CCD,“ [Online]. Available: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled\\_device](https://cs.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device).
- [13] „PWM,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Pulzně\\_šířková\\_modulace](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pulzně_šířková_modulace).
- [14] „MPPT,“ [Online]. Available:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum\\_power\\_point\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking).

- [15] „Mikroprocesor,“ [Online]. Available:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroprocesor>.
- [16] Z. Voda, Průvodce světem Arduina, Bučovice: Nakladatelství Martin Stríž, 2017.
- [17] „Atmel,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Atmel>.
- [18] „C++,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>.
- [19] „Operační zesilovač,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Operační\\_zesilovač](https://cs.wikipedia.org/wiki/Operační_zesilovač).
- [20] „Katalogový list,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Katalogový\\_list](https://cs.wikipedia.org/wiki/Katalogový_list).
- [21] „HAL,“ [Online]. Available: <http://www.semach.cz/povrchy3.html>.
- [22] „PDF,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Portable\\_Document\\_Format](https://cs.wikipedia.org/wiki/Portable_Document_Format).
- [23] „PragoBoard s.r.o.,“ [Online]. Available:  
[http://www.pragoboard.cz/obecne\\_tech\\_podminky](http://www.pragoboard.cz/obecne_tech_podminky).
- [24] „Střída,“ [Online]. Available: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Střída\\_\(elektronika\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Střída_(elektronika)).
- [25] „Fotorezistor,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fotorezistor>.
- [26] „3D tisk,“ [Online]. Available: [https://cs.wikipedia.org/wiki/3D\\_tisk](https://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk).
- [27] „Servomotor,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Servomotor>.
- [28] „DHT22,“ [Online]. Available:  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.
- [29] „ACS712,“ [Online]. Available:  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>.
- [30] „XL4005,“ [Online]. Available:  
<http://www.xlsemi.com/datasheet/XL4005%20datasheet.pdf>.

- [31] „A/D převodník,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/A/D\\_převodník](https://cs.wikipedia.org/wiki/A/D_převodník).
- [32] „SLA-MS6V12,“ [Online]. Available: <http://sa.tipa.eu/datasheet/04250136-datasheet-en.pdf>.
- [33] „MG995,“ [Online]. Available:  
[http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG995\\_Tower-Pro.pdf](http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG995_Tower-Pro.pdf).
- [34] „STL,“ [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/STL\\_\(file\\_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/STL_(file_format)).
- [35] „Arduino IDE,“ [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/software>.
- [36] „Multimetr,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Multimetr>.
- [37] „Watchdog,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Watchdog\\_timer](https://cs.wikipedia.org/wiki/Watchdog_timer).
- [38] „LED,“ [Online]. Available: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LED>.
- [39] „PLC,“ [Online]. Available:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Programovatelný\\_logický\\_automat](https://cs.wikipedia.org/wiki/Programovatelný_logický_automat).

## 8 Přílohy.

Příloha A: Elektrické schéma ostrovního nabíjecího systému.

### **Obsah CD:**

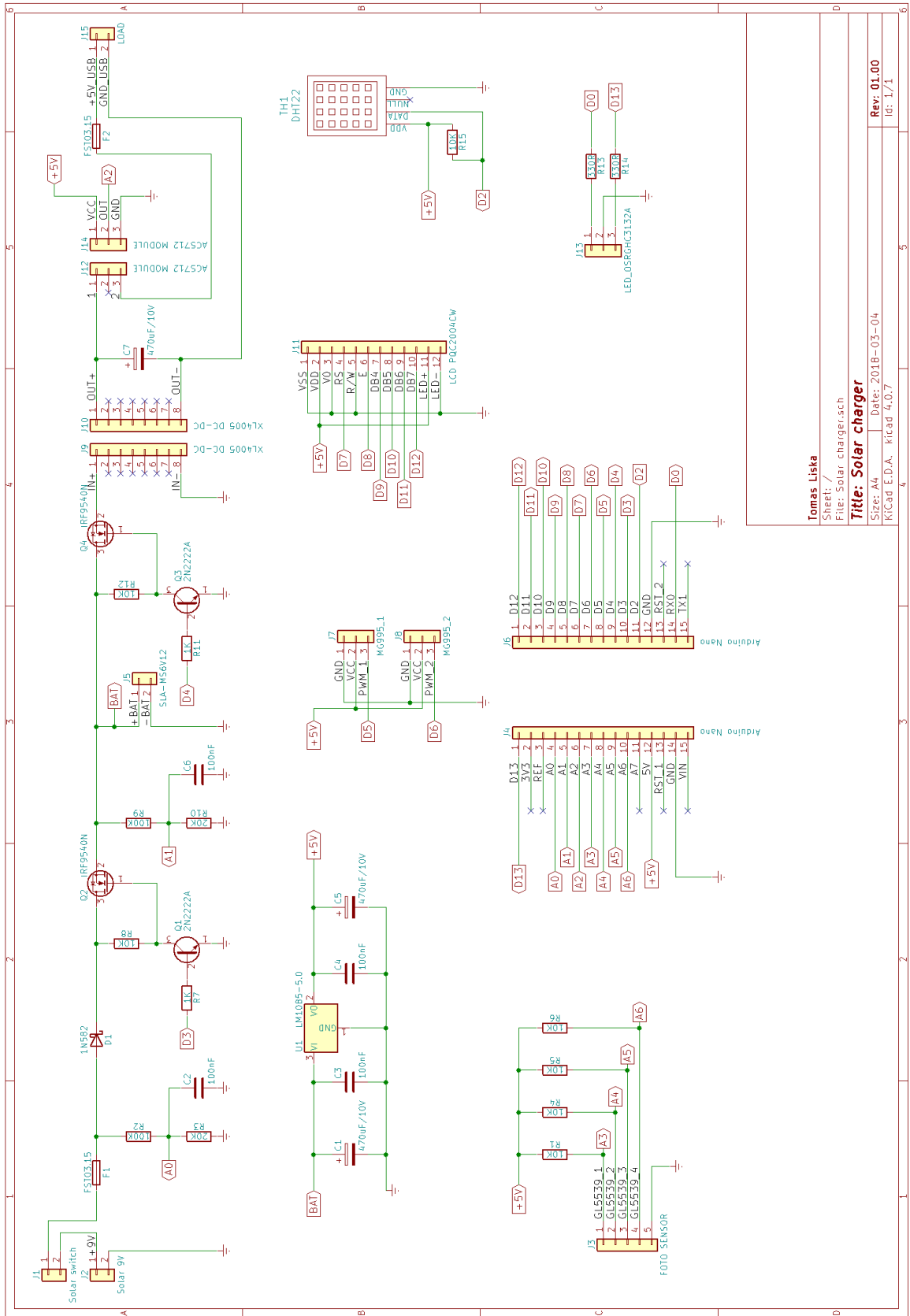
Příloha B: V tomto adresáři je uložen projekt a Gerber data z programu KiCAD.

Příloha C: V tomto adresáři je uložen projekt v programu SolidWorks a 3D modely.

Příloha D: V tomto adresáři je uložen projekt z programu Arduino IDE.

Dokument: V tomto adresáři je uložena bakalářská práce v PDF formátu.

**Příloha A:**



**Tomas Liska**  
 Sheet: /  
 File: Solar\_charger.sch  
**Title: Solar charger**  
 Size: A4  
 Date: 2018-03-04  
 KiCad E.D.A. - KiCad 4.0.7