

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

Brno, 2020

Renata Zemanová



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

ELEKTRONICKÁ HRA LOGIC
ELECTRONIC GAME LOGIC

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE
SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE Renata Zemanová
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2020



Semestrální práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

Studentka: Renata Zemanová

ID: 211251

Ročník: 3

Akademický rok: 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Elektronická hra Logic

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s principem hry Logic. Navrhněte a realizujte elektronickou verzi této hry s různými úrovněmi obtížnosti a v praxi ověřte funkčnost vašeho řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 21.9.2020

Termín odevzdání: 18.12.2020

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Cílem práce je navrhnut elektronickou hru Logic. Elektronická hra musí respektovat pravidla deskové hry. Dále by se hra měla i svým vzhledem podobat deskové hře. Elektronická hra je navržena jako jedna DPS, která obsahuje řídicí elektroniku i herní prvky. Byl vyroben prototyp hardwaru elektroniky, na němž byla otestována funkčnost zapojení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Elektronická hra Logic, pravidla deskové hry, ESP32-PICO, inteligentní LED WS2812C, USB, DPS

ABSTRACT

The goal of this thesis is design an electronic game Logic. This electronic game should look like the board game and also respect the game's rules.

The electronic game is designed as one PCB that contains control electronics and game elements. A prototype of electronics hardware was made, on which the functionality of the connection was tested.

KEYWORDS

Electronic game Logic, board game rules, ESP32-PICO, intelligent control LED WS2812C, USB, PCB

Obsah

Úvod	8
1 Pravidla deskové hry	9
2 Návrh elektroniky	10
2.1 Řídicí elektronika	11
2.2 Napájení	11
2.2.1 Verze 0.0	12
2.2.2 Verze 1.0	14
2.3 Snižující měnič napájecího napětí pro mikrokontrolér	15
2.4 Převodník z USB na RS-232	15
2.5 Herní prvky	17
2.5.1 Rozdělení	18
2.5.2 Zapínání napájení	18
2.6 Spínací prvky	19
2.7 Indikace přítomnosti napájecího napětí	20
3 Návrh DPS	21
3.1 Vzhled DPS	21
3.2 Funkční rozmístění součástek	22
4 Oživení DPS	24
4.1 Verze 0.0	24
4.2 Verze 1.0	25
5 Způsob ovládání elektronické hry	27
6 Výsledky studentské práce	28
6.1 Programové řešení	28
6.2 Výsledky měření	28
6.2.1 Etiam quis quam	28
Závěr	31
Literatura	32
Seznam symbolů a zkratek	35
Seznam příloh	37

A	Schéma zapojení DPS verze 1.0	38
B	Výrobní podklady DPS verze 1.0	46
C	Některé příkazy balíčku <i>thesis</i>	52
C.1	Příkazy pro sazbu veličin a jednotek	52
C.2	Příkazy pro sazbu symbolů	52
D	Druhá příloha	53
E	Příklad sazby zdrojových kódů	54
E.1	Balíček <i>listings</i>	54
F	Obsah elektronické přílohy	59

Seznam obrázků

1.1	Desková hra Logic [2]	9
2.1	Blokové schéma zapojení verze 0.0	10
2.2	Blokové schéma zapojení verze 1.0	10
2.3	Schéma zapojení mikrokontroléru ESP32-PICO [4]	12
2.4	Pouzdro na baterie 18650 [11]	13
2.5	Schéma zapojení čipu TP4056 [13]	13
2.6	Schéma zapojení čipu SY8105 [14] [12]	15
2.7	Schéma zapojení převodníku z USB na RS-232 [3]	16
2.8	Zapojení LED pro indikaci komunikace čipu CP2102 s mikrokontrolérem [15]	17
2.9	Zapojení inteligentních LED WS2812C [16]	17
2.10	Obvod pro zapínání napájení pro inteligentní LED	19
2.11	Zapojení tlačítek	20
2.12	Zapojení LED pro indikaci napájecího napětí	20
3.1	Rozložení součástek kolem čipu SY8105 na DPS [14]	22
4.1	Verze 0.0 z výroby	24
4.2	Oživená verze 0.0 s opravami	25
4.3	3D pohled verze 1.0 DPS	26
5.1	Vývojový diagram	27
A.1	Blokové schéma DPS verze 1.0	38
B.1	Vrstva mědi TOP	46
B.2	Vnitří vrstva mědi napájení	47
B.3	Vnitří vrstva mědi GND	48
B.4	Vrstva mědi BOTTOM	49
B.5	Vrstva s popisky	50
B.6	Celá DPS	51
D.1	Alenčino zrcadlo	53

Seznam tabulek

2.1	Nastavení nabíjecího proudu rezitorem R13 [13].	14
2.2	Parametry čipu SY8105 [14]	15
2.3	Parametry čipu CP2102 [15]	16
2.4	Parametry inteligentních LED WS2812C [16]	18
C.1	Přehled příkazů	52

Úvod

Tato práce se zabývá návrhem elektronické hry Logic. Tato hra by se měla co nejvíce podobat deskové hře a musí respektovat pravidla deskové hry. Hra Logic je určená pro všechny věkové kategorie hráčů. Podporuje a rozvíjí logické myšlení.

Hra musí být navržena jako přenosné zařízení, takže musí být kladen důraz na spotřebu jednotlivých použitých komponentů.

Hra Logic není komerčně dostupná v elektronické verzi. Existuje pouze ve verzi deskové hry pro dva hráče. Elektronická hra Logic je navržena pro jednoho hráče. Hra je jedinečná svými ovládacími prvky a způsobem hry.

V této práci je popsán návrh elektronické hry. Na začátku jsou popsána pravidla deskové hry, která jsou respektována i u elektronické hry. Elektronická hra Logic je tvořena DPS, která obsahuje veškeré potřebné komponenty pro funkci hry i pro její ovládání.

Na závěr je popsán způsob elektronické hry a její ovládání.

1 Pravidla deskové hry

Hra Logic je desková hra pro dva hráče [8]. Jeden hráč určí hledanou kombinaci, dále bude označován jako hráč A, a druhý tuto kombinaci za pomocí logických úvah a vyhodnocení hráčem A hledá, dále bude označován jako hráč B.

Hráči si určí herní pozice. Hráč A vybere barevné kolíky dle libosti a následně je v určitém pořadí vloží do zadávacího pole. Zadání zakryje stříškou, aby tuto kombinaci spoluhráč neviděl. Hráč B se v tuto chvíli nedívá. Hráč B následně zvolí náhodnou kombinaci barev a jejich pozic. Po ukončení tahu nechá hráče A, aby jeho tah vyhodnotil. Hráč A vyhodnotí tah následujícím způsobem. Pokud hráč B vložil správnou barvu na správnou pozici, tak vloží do vyhodnocovací sekce černý kolík. Pokud vložil barvu, která se v zadání vyskytuje, ale vložil ji na nesprávnou pozici, tak vloží bílý kolík. Pokud zůstanou některé pozice neobsazené, tak to znamená, že se dané barvy v zadání nevyskytují. Vyhodnocovací kolíky umisťuje od kraje, nejprve černé a pak bílé, aby hráči B nebylo jasné, kterých hracích kolíků se vyhodnocení týká [8]. Poté začne hráč B na základě vyhodnocení a svých všech předchozích tahů hledat správnou kombinaci.

Hráč B má maximálně 10 pokusů na zjištění správné kombinace. Po skončení hry hráč A odkryje stříšku a ukáže hledanou kombinaci. Hra skončí po určení správné kombinace, nebo po vypotřebování všech pokusů.

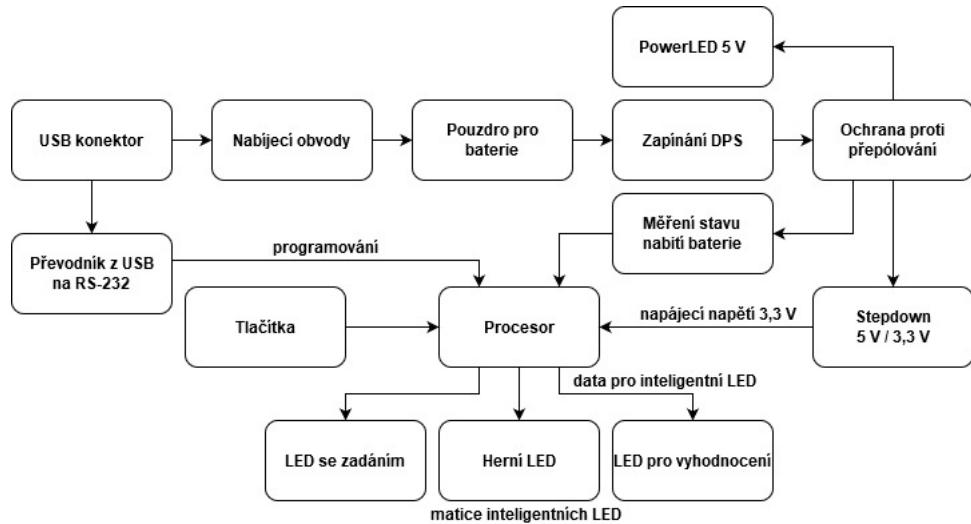
Hru lze hrát ve více variantách. Hráči se mohou domluvit, zda zadání může, nebo nesmí obsahovat volnou pozici. Zároveň existuje více variací této hry. Většinou se liší v délce hledané kombinace.



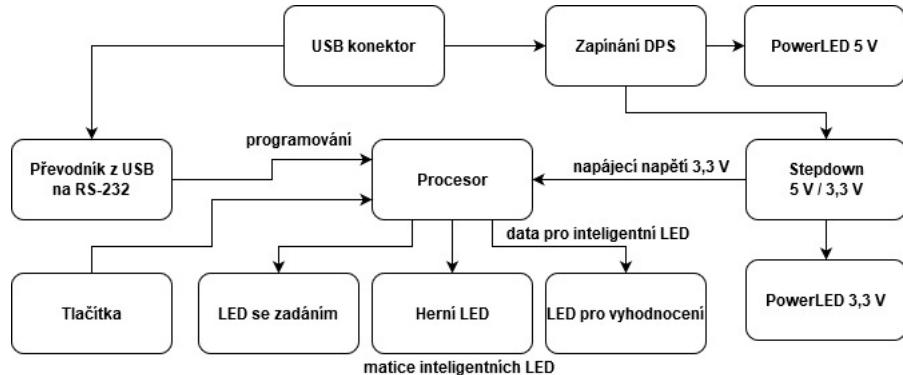
Obr. 1.1: Desková hra Logic [2].

2 Návrh elektroniky

Již byly navrženy 2 verze DPS elektronické hry Logic. Verze 0 byla pouze testovací, takže neobsahovala celé herní pole. Sloužila pro ověření funkčnosti daných zapojení různých čipů a zároveň pro testování softwaru.



Obr. 2.1: Blokové schéma zapojení verze 0.0.



Obr. 2.2: Blokové schéma zapojení verze 1.0.

Asi největším rozdílem mezi verzí 0 a 1 je způsob napájení. Verze 0 je napájena z baterií a verze 1 je napájena z USB. Díky této změně odpadly i mnohé části obvodu. Díky absenci baterií bylo možné postrádat nabíjecí obvody, ochranu proti přepólování a měření napětí na bateriích.

2.1 Řídicí elektronika

Jako řídicí elektronika byl vybrán mikrokontrolér ESP32-PICO-D4. Hlavním důvodem pro výběr tohoto mikrokontroléru bylo, že je téměř totožný jako ESP32-WROOM, se kterým mám dlouhodobé zkušenosti. Tento mikrokontrolér má veškeré periferie, které jsou pro výrobu této hry zapotřebí.

Mikrokontrolér ESP32-PICO také podporuje Arduino framework, díky kterému bude programování značně zjednodušeno.

Mikrokontrolér ESP32-PICO obsahuje [4]:

- WiFi,
- Bluetooth,
- 32 GPIO pinů,
- dvoujádrový 32bitový procesor Xtensa LX6,
- 520 kB SRAM,
- 4 MB FLASH.

Napájecí napětí tohoto mikrokontroléru je od 3,0 do 3,6 V a průměrný odběr proudu je 80 mA [4]. ESP32-PICO má vyvedeno 32 GPIO pinů, které je možno softwarově nastavit jako vstupní nebo výstupní. Na tyto piny lze poté připojit různá zařízení. Vstupním senzorem může být typicky tlačítko a výstupním indikátorem např. LED. Tato zařízení zprostředkovávají komunikaci mezi mikrokontrolérem a okolním světem.

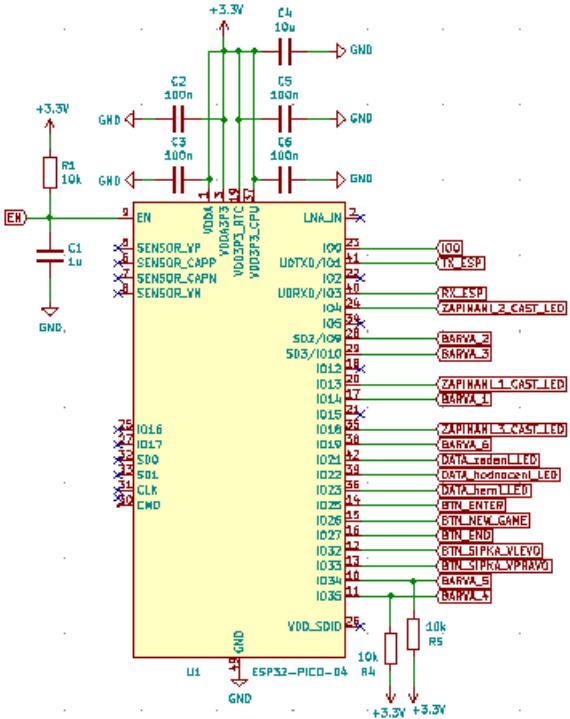
GPIO piny IO16 a IO17 nemohou být použity, protože ESP32-PICO má na těchto pinech připojenou flash paměť [4]. Pokud by na tento pin bylo připojeno nějaké zařízení, tak by mikrokontrolér ztratil přístup ke své paměti.

GPIO piny IO02, IO05, IO12 a IO15 slouží jako konfigurační piny při spouštění nebo resetu mikrokontroléru ESP32-PICO. Slouží například k výběru paměti, ze které se mikrokontrolér ESP32-PICO načítá. Při resetu musí být tyto piny ve správné konfiguraci. Z důvodu dalších využitelných pinů nebyly tyto piny využity pro připojení zařízení.

GPIO piny IO34 a vyšší jsou pouze vstupní [4]. Vstupní piny nemají softwarově zapojitelný pullup rezistor. Pokud je tedy zapotřebí pullup rezistor, musí se fyzicky zapojit.

2.2 Napájení

V následujících kapitolách jsou rozebrány způsoby napájení obou vyrobených verzí DPS elektronické hry Logic.



Obr. 2.3: Schéma zapojení mikrokontroléru ESP32-PICO [4].

2.2.1 Verze 0.0

V první verzi byly pro napájení použity baterie Li-Ion INR18650-29E od firmy Samsung. Tyto baterie mají jmenovité napětí 3,7 V, při plném nabití až 4,2 V. Kapacita jedné baterie je 2850 mAh [10]. Byly použity 2 články baterií, které byly zapojeny paralelně. Paralelním zapojením se celková kapacita zdvojnásobila.

Baterie typu Li-Ion jsou náchylné na podvybití. Verze 0.0 proto obsahovala i měření napětí na bateriích. Pokud by došlo k podvybití, mohla by se bateriím zmenšovat kapacita, nebo by se mohly zničit.

Pro baterie bylo vybráno pouzdro na 2 články s THT montáží do DPS [11].

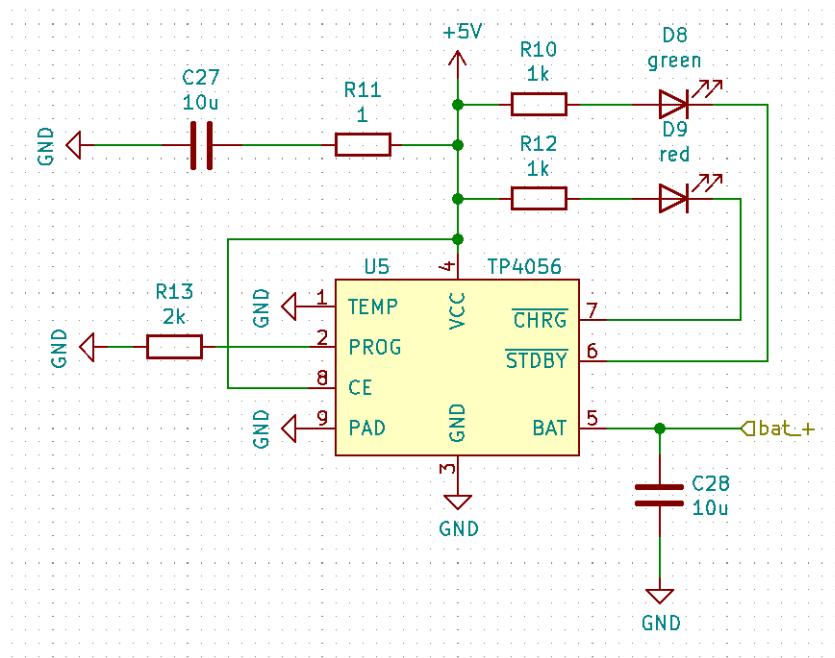
Baterie byly připevněny a zapájeny přímo do DPS, a proto musel být integrován i nabíjecí obvod. Nabíjení probíhalo přes konektor USB Micro.

Pro nabíjecí obvod byl zvolen čip TP4056. Tento obvod byl vybrán, protože je přímo určen pro nabíjení baterií typu Li-Ion. Existují moduly pro nabíjení těchto baterií, které mají integrovaný tento čip [9]. Tyto moduly jsou často používané, a proto bylo zapojení tohoto modulu převzato do této práce.

Vlastnosti čipu jsou přizpůsobeny bateriím Li-Ion. Nabíjení baterií probíhá do 4,2 V, což je maximální napětí na použitych bateriích [10] [13]. Díky tomu nemůže dojít ke zničení baterií nabíjením.



Obr. 2.4: Pouzdro na baterie 18650 [11].



Obr. 2.5: Schéma zapojení čipu TP4056 [13].

Červená LED D9 indikuje nabíjení baterií a zelená LED D8 svítí, pokud jsou baterie nabité [13]. Pokud nesvítí ani červená ani zelená LED, znamená to, že baterie jsou podvybité, baterie nejsou vloženy a nebo je příliš vysoká, nebo nízká jejich teplota [13].

Rezistorem R13 se určuje nabíjecí proud baterií [13]. Aby baterie nabíjením nebyly poškozovány, měl by být nabíjecí proud maximálně 0,5 C (polovina kapacity baterie). Vybraná baterie má kapacitu 2850 mAh. Nabíjecí proud proto může být

až 1425 mA. Jelikož je pro tuto hru důležitější kapacita baterie, než doba nabíjení, byl zvolen nabíjecí proud pouze 0,5 A. Čím menším proudem je baterie nabíjena, tím má delší životnost a pomaleji ztrácí svoji kapacitu.

Tab. 2.1: Nastavení nabíjecího proudu rezitorem R13 [13].

R13 [kΩ]	Nabíjecí proud [mA]
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1,66	690
1,5	780
1,33	900
1,2	1000

Byl zvolen rezistor o hodnotě 2 kΩ, kterým byl určen nabíjecí proud 580 mA.

2.2.2 Verze 1.0

Ve verzi 1.0 byl změněn způsob napájení. Napájení v této verzi neprobíhá přes baterie, ale pouze přes USB konektor, přes který ve verzi 0.0 probíhalo pouze nabíjení baterií.

Výhody

- absence drahých baterií,
- absence nabíjecího obvodu,
- absence hlídání stavu nabití baterie,
- absence ochrany proti přepólování (USB konektor je uzpůsoben svým tvarem, aby uživatel nemohl napájení přepólovat.),
- napájení inteligenčních LED napětím přímo z USB (Inteligenční LED mají menší odběr proudu.).

Nevýhody

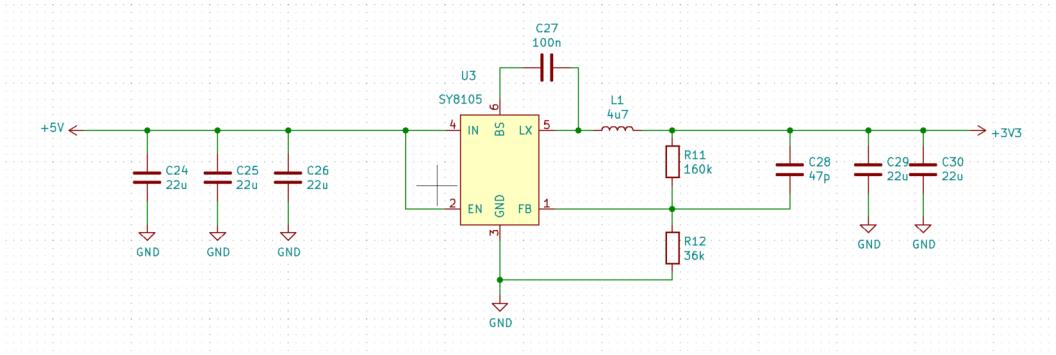
- předpokládá se, že uživatel vlastní powerbanku,
- výdrž závisí na kapacitě powerbanky.

Byl zvolen konektor USB Micro, protože se jedná o nejrozšířenější USB konektor dnešní doby.

2.3 Snižující měnič napájecího napětí pro mikrokontrolér

Mikrokontrolér ESP32-PICO má napájecí napětí 3,3 V. Napětí z powerbanky přes USB je 5 V. Proto je tedy zapotřebí zapojit měnič pro snížení napětí, který bude vytvářet z napájecího napětí 5 V napájecí napětí 3,3 V pro mikrokontrolér ESP32-PICO.

Jako měnič byl zvolen čip SY8105. Tento čip byl vybrán podle projektu RB0005-UniversalStepDown [12]. V tomto projektu zapojení funguje bezproblémově, a proto bylo rozhodnuto toto zapojení použít v mé práci.



Obr. 2.6: Schéma zapojení čipu SY8105 [14] [12].

V tomto projektu existují varianty pro stabilizaci na výstupu pro 5 V a pro 3,3 V. Z poznámek v projektu RB0005-UniversalStepDown vyplývá, že výstupní napětí je závislé na poměru rezistorů R11 a R12. Rezistory byly zvoleny pro výstupní napětí 3,3 V a přepočítány, aby byl zachován jejich poměr, ale aby byly použity rezistory ze standardní rezistorové řady.

Tab. 2.2: Parametry čipu SY8105 [14]

Vstupní napětí	4,5 - 18 V
Maximální výstupní proud	5 A

2.4 Převodník z USB na RS-232

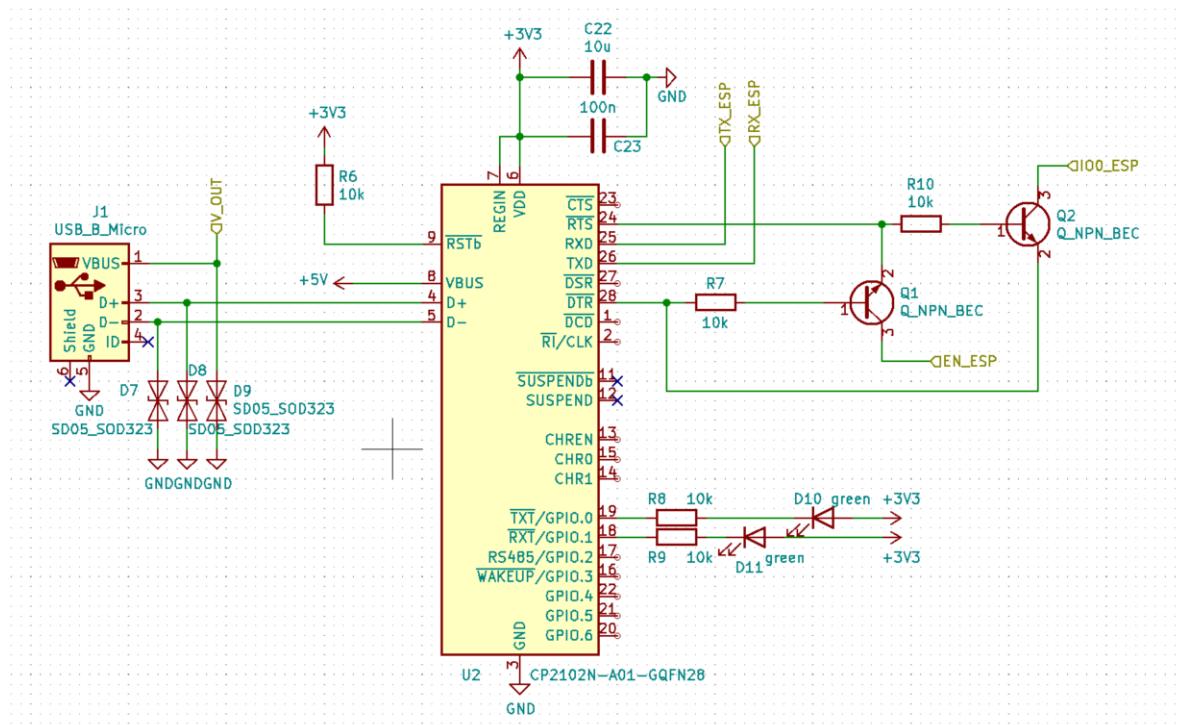
Mikrokontrolér ESP32-PICO používá jako komunikační rozhraní linku RS-232. Programování ale probíhá přes USB konektor, který toto rozhraní nemá. Proto bylo potřeba použít převodník z USB na rozhraní RS-232.

Velkou inspirací při výběru součástek byl kit ESP32-DEVKITC [3]. Tento kit obsahuje ESP32-WROOM a také převodník z USB na RS-232. Na tomto kitu je převodník realizován čipem CP2102. ESP32-WROOM a ESP32-PICO se liší pouze v drobnostech, a proto byl převodník CP2102 použit i při návrhu převodníku u elektronické hry Logic. Tento čip zároveň převádí logiku z 0 - 5 V na logiku 0 - 3,3 V [15].

Tab. 2.3: Parametry čipu CP2102 [15]

Typický odběr proudu	9,5 mA
Napájecí napětí	3 - 3,6 V

Čip CP2102 dokáže komunikovat velkým množstvím komunikačních rychlostí (300, 9600, 19200, 38400, 115200, 256000 Bd, atd) [15]. PC započne komunikaci určitou rychlosťí a tento čip tuto komunikaci zachytí, určí rychlosť a touto rychlosťí začne probíhat programování.

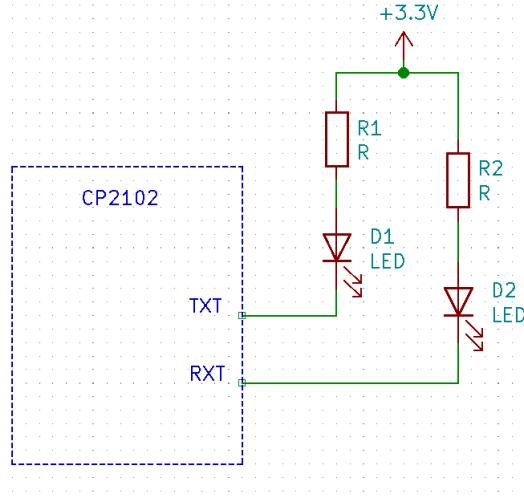


Obr. 2.7: Schéma zapojení převodníku z USB na RS-232 [3].

Z USB jsou signály D+ a D- připojeny k čipu CP2102. Tento čip signál z USB převede na signály RX a TX, které mají výstup na pinech RXD a TXD. Následně

jsou tyto signály připojeny k mikrokontroléru ESP32-PICO. Signály RX a TX musí být překříženy – RX CP2102 je připojeno na TX ESP32-PICO a TX CP2102 je připojeno na RX ESP32-PICO.

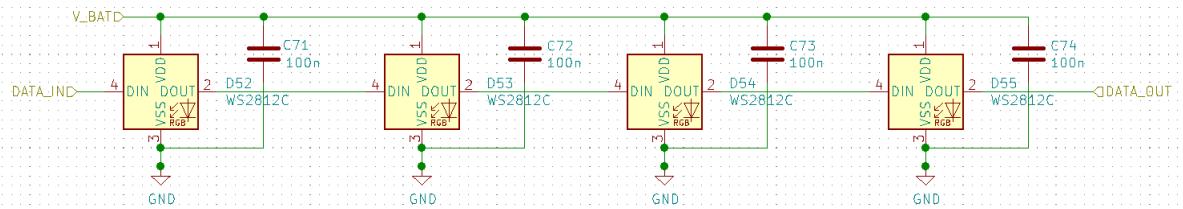
LED D10 a D11 slouží k indikaci komunikace s mikrokontrolérem ESP32-PICO. Pokud je do mikrokontroléra nahráván program, tak LED D10 a D11 blikají.



Obr. 2.8: Zapojení LED pro indikaci komunikace čipu CP2102 s mikrokontrolérem [15].

2.5 Herní prvky

Herními prvky elektronické hry Logic jsou inteligentní LED typu WS2812C. Tento typ inteligentních LED je určen pro přenosná zařízení díky jejich nízké spotřebě. Jsou také plně kompatibilní s typem WS2812B [16]. K těmto inteligentním LED existují knihovny, které usnadňují softwarovou práci s nimi.



Obr. 2.9: Zapojení inteligentních LED WS2812C [16].

Každá inteligentní LED má v sobě procesor, který slouží pro zpracování dat. Inteligentní LED WS2812C se zapojují za sebou přes piny DATA IN a DATA OUT.

Každá inteligentní LED převezme data z pinu DATA IN, která jsou pro ni určena, a zbytek pošle ven přes pin DATA OUT.

Tab. 2.4: Parametry inteligentních LED WS2812C [16]

Napájecí napětí	3,5 - 5,3 V
Výstupní napětí	(VDD - 0,5) - (VDD + 0,5) V
Typický odběr proudu	5 mA
Klidový odběr proudu	0,3 mA

Ke každé inteligentní LED je připojen na napájení filtrační kondenzátor [16], aby LED svítily kontinuálně a nedostal se jím na napájení žádný šum.

2.5.1 Rozdělení

Inteligentní LED jsou rozděleny do tří skupin. Skupina inteligentních LED pro zadání, skupina inteligentních LED pro herní pole a skupina inteligentních LED pro zobrazení vyhodnocení tahu. Skupina inteligentních LED pro zadání obsahuje 4 LED a skupiny pro herní pole a pro vyhodnocení každá 40 LED.

2.5.2 Zapínání napájení

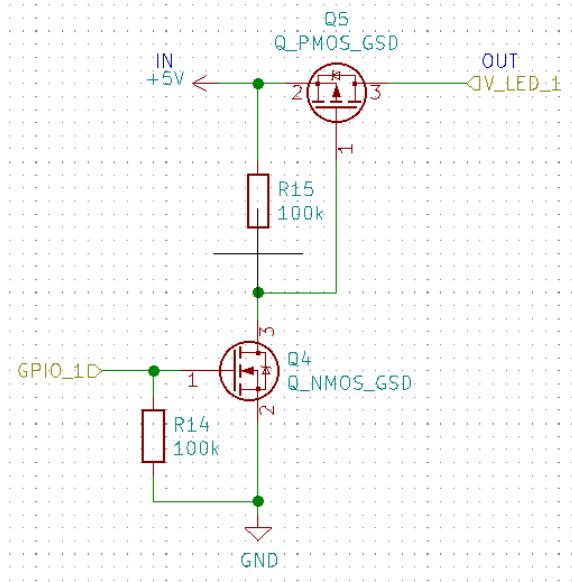
DPS je navrhována pro přenosnou aplikaci, a proto je potřeba zajistit její co nejnižší odběr.

Inteligentní LED WS2812C mají spotřebu 0,3 mA, i když zrovna nesvítí žádnou barvou. Proto je herní pole dohromady s vyhodnocovacími LED rozděleno na 3 části. Do první části patří inteligentní LED se zadáním a první 4 čtverice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení. Do druhé části patří další 3 čtverice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení. Do třetí části patří poslední 3 čtverice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení.

Těmto 3 částem je postupně zapínáno napájecí napětí. Každá části se zapne napájení až pokud se hráč dostane do fáze, kdy danou oblast potřebuje. K zapínání dochází softwarově spínáním GPIO pinu řídicího mikrokontroléru ESP32-PICO.

Ke spínání slouží obvody s MOSFET tranzistory. MOSFET tranzistory byly zvoleny pro jejich nulovou spotřebu, narozdíl od bipolárních tranzistorů.

Napájení inteligentních LED nelze spínat pouze jedním tranzistorem, protože logická 1 mikrokontroléru ESP32-PICO má hodnotu 3,3 V, ale je zapotřebí spínat 5 V. Pokud by byl pro spínání použit jeden tranzistor, tak by bylo napájení vždy sepnuto.



Obr. 2.10: Obvod pro zapínání napájení pro inteligentní LED.

GPIO pin mikrokontroléru ESP32-PICO je nastaven do logické 0, dokud není potřebné přivedení napájecího napětí dané skupině. Při logické nule na gate tranzistoru Q4 je tranzistor zavřený. Tranzistor Q5 v tomto okamžiku drží zavřený rezistor R15.

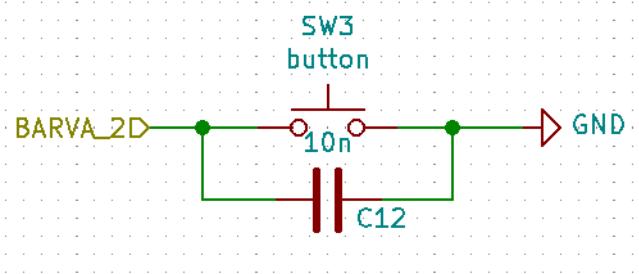
Když je GPIO pin mikrokontroléru přepnuto do logické 1, tak se tranzistor Q4 otevře. Otevřením tranzistoru Q4 je gate tranzistoru Q5 připojen ke GND a tím se otevře i tranzistor Q5, kterým je sepnuto napájecí napětí dané skupině inteligentních LED.

Rezistor R14 udržuje tranzistor Q4 zavřený při nestandardních stavech pinu mikrokontroléru, jako je např. při resetu procesoru.

2.6 Spínací prvky

Přepínač SW1 slouží pro zapínání celé DPS. Tento přepínač připojuje napájecí napětí 5 V z USB k celému zbytku DPS.

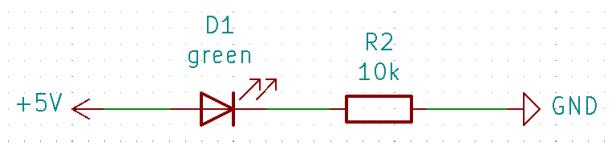
Tlačítka slouží pro ovládání hry. Ke každému tlačítku je připojen kondenzátor o hodnotě 100 nF. Tento kondenzátor slouží pro filtraci zákmitů při zmáčknutí tlačítka. Filtrace se proto nemusí řešit softwarově.



Obr. 2.11: Zapojení tlačítek.

2.7 Indikace přítomnosti napájecího napětí

Pro indikaci přítomnosti napájecího napětí slouží LED D1 a D2. LED D1 indikuje přítomnost napájecího napětí 5 V a LED D2 indikuje přítomnost napájecího napětí 3,3 V. Obě LED mají zelenou barvu.



Obr. 2.12: Zapojení LED pro indikaci napájecího napětí.

3 Návrh DPS

DPS je navržena v programu KiCad a její parametry jsou určeny pro výrobu i osazení ve firmě JLCPCB [5] [6]. Výrobní podklady proto musely být navrženy v souladu s jejich výrobními možnostmi [7].

DPS má 4 vrstvy. Vnitřní vrstvy slouží pro napájení a vnější pro signálové dráhy. V jedné vnitřní vrstvě je po celé její ploše polygon GND a ve druhé vnitřní vrstvě jsou polygony jednotlivých napájecích napětí.

Na vrchní straně jsou umístěny plošky pro osazení SMD součástek, protože firma JLCPCB osazuje pouze SMD součástky a pouze z jedné strany. THT součástky jsou připraveny na ruční pájení.

Signálové dráhy jsou vedeny tenkou dráhou a napájecí dráhy jsou vedeny širší dráhou. V signálových drahách tečou zanedbatelné proudy, proto mohou být co nejtenčí. Výrobce umožňuje vyrobit u čtyřvrstvé DPS nejtenčí dráhu 0,09 mm [7]. Aby nebyly použity krajní hodnoty, byla zvolena šířka signálové dráhy 0,150 mm.

Dráhy, kterými je veden napájecí napětí, mají tloušťku 0,5 mm. Pro výpočet šířky dráhy byla použita online kalkulačka Printed Circuit Board Width Tool [1]. Proud dráhami při použití všech inteligentních LED je 420 mA a tloušťka mědi 35 μ A [7]. Doporučená šířka dráhy byla tedy 0,236 mm, a proto byla zvolena šířka dráhy 0,5 mm.

$$n = 84 \text{ ks}$$

$$I_{LED} = 5 \text{ mA}$$

$$I = I_{LED} \cdot n = 5 \cdot 84 = 420 \text{ mA} \quad (3.1)$$

3.1 Vzhled DPS

Vzhled této DPS byl ovlivněn vzhledem deskové hry a výrobními možnostmi firmy JLCPCB. Firma JLCPCB vyrábí DPS o maximálních rozměrech $10 \times 10 \text{ cm}$ [6]. Tato DPS tedy byla navržena na maximální vyrobitevnou velikost a poté byly do těchto rozměrů rozmístovány součástky.

Nejprve byly na DPS rozloženy inteligentní LED. Jejich rozmístění je důležité, pro zachování podobnosti deskové hře. Zároveň díky jejich množství a poměrně velkým rozměrům ($5 \times 5 \text{ mm}$) zabírají velkou část DPS [16]. Proto musely být inteligentní LED rozmístěny jako první. Následně byl ostatními obvody využíván zbylý prostor.

Dráhy s napájecím napětím by měly být vedeny co nejvíce zpříma. Proto musely být součástky se stejným napájecím napětím sdruženy u sebe. Díky tomu mohlo být

napájení tvořeno polygony. Dílčí obvody byly rozmístěny v následujícím pořadí - USB, měnič napětí, převodník z USB na RS-232 a ESP332-PICO. USB konektor musel být umístěn na okraj DPS. Proto byly jednotlivé části obvodu naskládány podél levého okraje DPS.

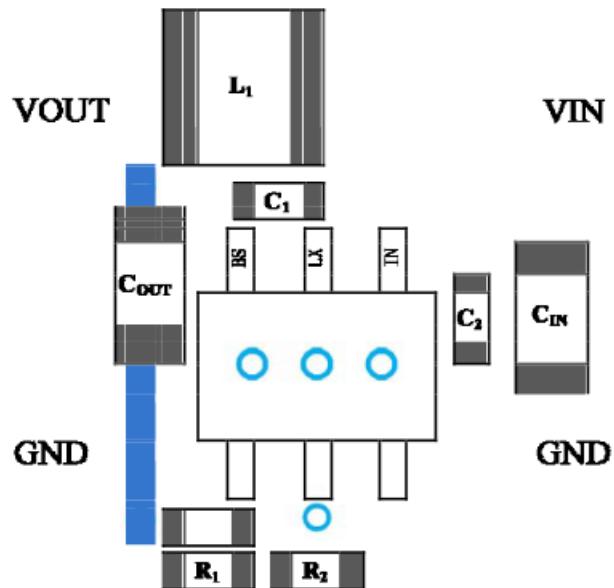
V pravém horním rohu vzniklo prázdné místo, které bylo využito pro popis DPS.

3.2 Funkční rozmístění součástek

U některých součástek není jejich umístění na DPS lhostejné. Rozmístění součástek často ovlivňuje funkčnost obvodu. Rozmístění součástek často souvisí s rozkreslením ve schématu. Například kondenzátory filtrující napájení se umisťují co nejblíže přívodu napájení.

Inteligentní LED WS2812C jsou rozděleny do 3 skupin, aby se hra co nejvíce podobala deskové hře. Inteligentní LED pro zadání jsou v horní části DPS. V levém sloupci pod zadáním jsou inteligentní LED, které slouží jako herní pole, a v pravém sloupci jsou inteligentní LED pro vyhodnocení tahu. Každá inteligentní LED musí mít svůj filtrační kondenzátor na napájení co nejblíže svému pouzdrovi.

Rozložení součástek měniče napětí na DPS může velmi ovlivnit jeho funkčnost. Proto bylo rozložení a zapojení součástek převzato z datasheetu.



Obr. 3.1: Rozložení součástek kolem čipu SY8105 na DPS [14].

Signály D+ a D- od USB k čipu CP2102 jsou diferenciální pář, a proto tomu musely být přizpůsobeny i dráhy těchto signálů. Dráhy jsou vedeny vedle sebe a blízko u sebe.

Kondenzátory u mikrokontroléru ESP32-PICO a u čipu CP2102 musí být umístěny co nejblíže jejich pouzdru. Tyto kondenzátory slouží pro filtraci šumu na napájení.

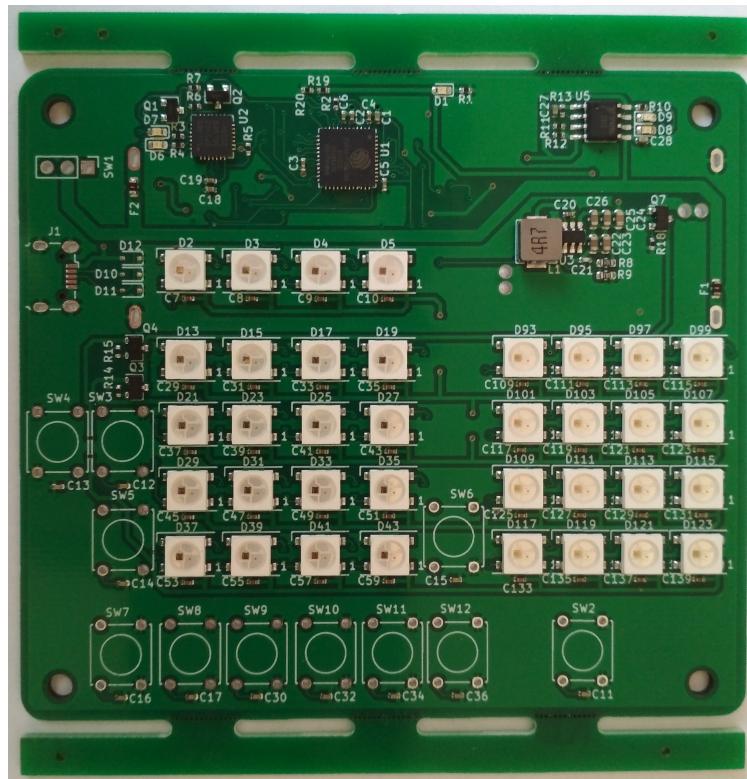
Kondenzátory u tlačítek jsou také umístěny co nejblíže pouzdru tlačítka. Čím blíže pouzdru kondenzátor bude, tím lépe budou filtrovány zákmity při stisku tlačítka.

4 Oživení DPS

Následující kapitola popisuje oživení obou verzí DPS poté, co přijdou z výroby.

4.1 Verze 0.0

DPS přijde z výroby ve stavu, kdy jsou osazeny pouze SMD komponenty.



Obr. 4.1: Verze 0.0 z výroby.

Po dodání DPS z výroby byly zapájeny THT komponenty (pouzdro na baterii, konektor USB micro, tlačítka a vypínač). Na testovací verzi byl místo vypínače osazen konektor, na který je pro zapnutí DPS potřeba nasunout propojku. Po zapojení baterií 18650 do pouzdra a zapnutí vypínače se rozsvítí zelená LED D1, která indikuje přítomnost napájecího napětí.

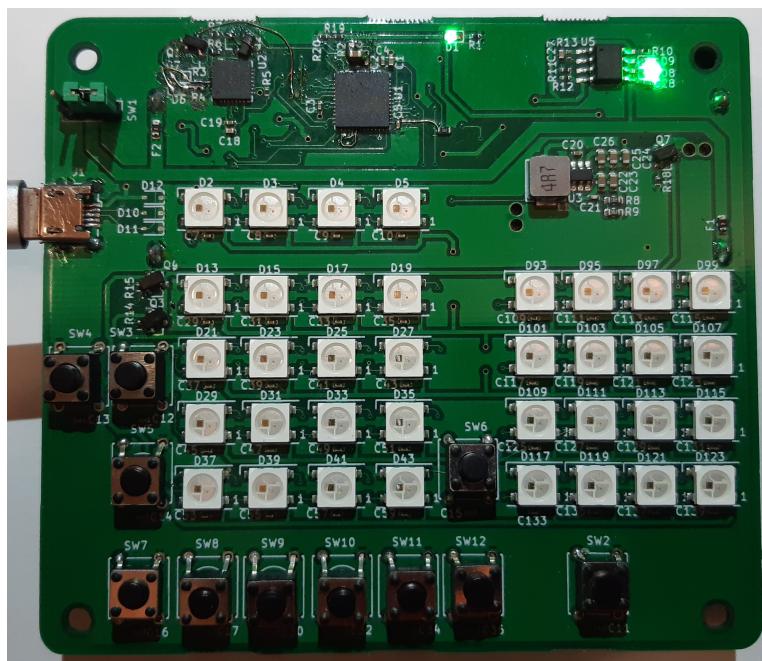
Po vložení baterií do pouzdra a zapnutí DPS bylo pomocí multimetru zjištěno, že ochrana proti přepólování baterií nepropouští napětí dále, i když jsou baterie v pouzdře umístěny správně. Bylo zjištěno, že pouzdro tranzistoru zajišťujícího ochranu proti přepólování neodpovídá navrženému pouzdrovi tranzistoru. Všechny MOSFET tranzistory byly stejného typu, takže musely být všechny otočeny.

Při zkoušce nabíjení bylo zjištěno, že červená LED indikující nabíjení baterií je přepólovaná. LED se povedla otočit a indikace nabíjení baterií z USB byla v pořádku.

Při programování byl zjištěn problém s komunikací po lince RS-232. Bylo zjištěno, že LED pro indikaci komunikace po lince RS-232 jsou špatně zapojeny, a proto byly odstraněny a nahrazeny zkratem. Jejich zapojení této komunikaci bránilo. Bipolární tranzistory byly taktéž osazeny ve špatném pouzdře a neodpovídaly navrženým pouzdrům.

Při programování a testování všech inteligentních LED WS2812C a tlačítka bylo zjištěno, že jedno tlačítko bylo zapojeno na pin, který nemá softwarově zapínatelný pullup rezistor. Tento rezistor byl dodatečně osazen.

Po veškerých opravách byla DPS připravena na testování softwaru elektronické hry Logic.

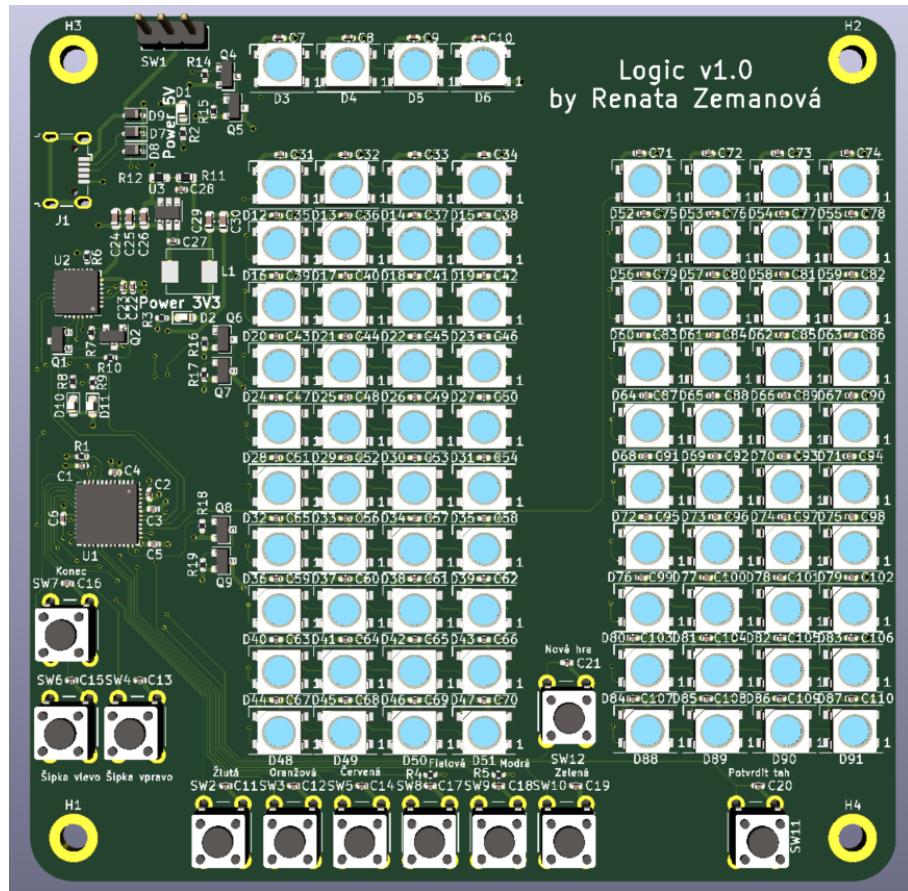


Obr. 4.2: Oživená verze 0.0 s opravami.

4.2 Verze 1.0

DPS přijde z výroby ve stavu, kdy jsou osazeny pouze SMD komponenty.

Poté je nutné ručně osadit THT součástky, tj. vypínač, tlačítka a konektor USB micro. Po připojení DPS přes USB konektor k powerbance, nebo do počítače, se rozsvítí LED D1 a D2, které indikují přítomnost napájecího napětí. LED D2 zároveň značí, že zapojení měniče napětí je funkční.



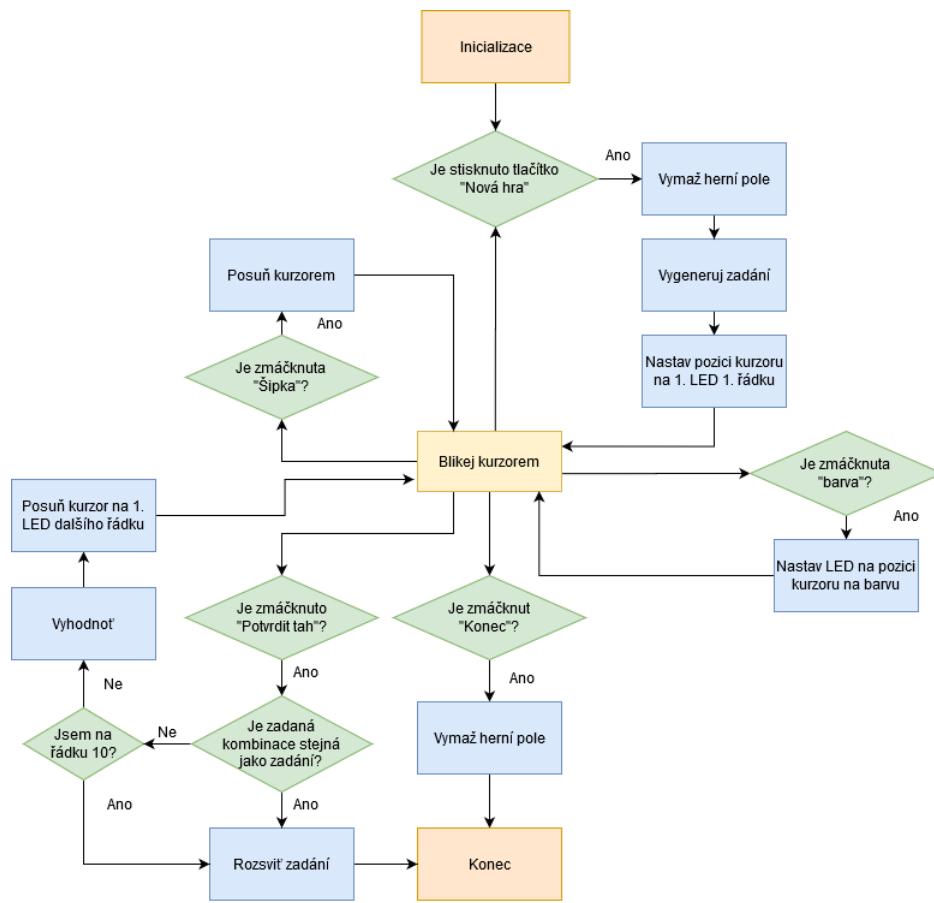
Obr. 4.3: 3D pohled verze 1.0 DPS.

Všechny chyby z předchozí verze byly odstraněny.

5 Způsob ovládání elektronické hry

Tato verze hry je navržena jako hra pro jednoho hráče. Funkci druhého hráče nahrazuje řídicí mikrokontrolér ESP32-PICO.

Po zapnutí DPS stiskneme tlačítko "Nová hra". V této chvíli se vygeneruje zadání, které není vidět, a první herní LED se rozblíká. Rozblíkání herní LED značí pozici kurzoru. Kurzorem lze pohybovat pomocí tlačítka "Šipka vpravo" a "Šipka vlevo". Barvy herních LED se nastavují tlačítka ve spodní části DPS. Tato tlačítka jsou označena danými barvami. Po zadání kombinace stiskneme tlačítko "Potvrdit tah". Po stisku tlačítka proběhne vyhodnocení a to se zobrazí na vyhodnocovacích LED. Kurzor se posune na první LED v dalším řádku. Po zadání správné kombinace barev a jejich pozic se rozsvítí zadání a hra je u konce. Pro novou hru stiskneme tlačítko "Nová hra" a pro ukončení tlačítko "Konec". Po stisku tlačítka "Konec" zhasnou všechny herní, vyhodnocovací LED i LED pro zadání. Poté je DPS připravena pro vypnutí vypínačem.



Obr. 5.1: Vývojový diagram.

6 Výsledky studentské práce

Praktická část a výsledky studentské práce vhodně rozdělené do částí.

6.1 Programové řešení

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nulla pulvinar eleifend sem. Integer in sapien. Etiam sapien elit, consequat eget, tristique non, venenatis quis, ante. In laoreet, magna id viverra tincidunt, sem odio bibendum justo, vel imperdiet sapien wisi sed libero. Phasellus enim erat, vestibulum vel, aliquam a, posuere eu, velit. Aliquam erat volutpat. Nullam faucibus mi quis velit [17].

6.2 Výsledky měření

Fusce tellus odio, dapibus id fermentum quis, suscipit id erat. Fusce tellus. Morbi scelerisque luctus velit. In laoreet, magna id viverra tincidunt, sem odio bibendum justo, vel imperdiet sapien wisi sed libero. Quisque porta. Fusce suscipit libero eget elit. Nulla non lectus sed nisl molestie malesuada. Phasellus faucibus molestie nisl. Integer vulputate sem a nibh rutrum consequat. Proin mattis lacinia justo. Phasellus et lorem id felis nonummy placerat. Etiam ligula pede, sagittis quis, interdum ultricies, scelerisque eu. Cras elementum. Aenean placerat. Donec ipsum massa, ullamcorper in, auctor et, scelerisque sed, est. Aliquam ante. Integer imperdiet lectus quis justo. Vivamus ac leo pretium faucibus. Nullam faucibus mi quis velit.

6.2.1 Etiam quis quam

Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Aliquam erat volutpat. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit [17, 22]. Nunc auctor. Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Maecenas lorem. Maecenas libero. In laoreet, magna id viverra tincidunt, sem odio bibendum justo, vel imperdiet sapien wisi sed libero. Nullam rhoncus aliquam metus.

Integer rutrum orci vestibulum

Integer rutrum, orci vestibulum ullamcorper ultricies, lacus quam ultricies odio, vitae placerat pede sem sit amet enim. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud

exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Fusce tellus odio, dapibus id fermentum quis, suscipit id erat. Nullam eget nisl. Nunc auctor. Etiam dui sem, fermentum vitae, sagittis id, malesuada in, quam. Fusce dui leo, imperdiet in, aliquam sit amet, feugiat eu, orci. Curabitur vitae diam non enim vestibulum interdum. Aliquam erat volutpat. Pellentesque sapien. Phasellus enim erat, vestibulum vel, aliquam a, posuere eu, velit.

Eger rutrum orci westibulum

Fusce dui leo, imperdiet in, aliquam sit amet, feugiat eu, orci. Maecenas aliquet accumsan leo. Aliquam ornare wisi eu metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam erat volutpat. Donec iaculis gravida nulla. Sed elit dui, pellentesque a, faucibus vel, interdum nec, diam. Temporibus autem quibusdam et aut officiis debitis aut rerum necessitatibus saepe eveniet ut et voluptates repudiandae sint et molestiae non recusandae. Nulla non arcu lacinia neque faucibus fringilla. Phasellus enim erat, vestibulum vel, aliquam a, posuere eu, velit. Praesent vitae arcu tempor neque lacinia pretium [23, 24, 25].

Aliquam erat volutpat. Quisque porta. Integer imperdiet lectus quis justo. Nullam justo enim, consectetur nec, ullamcorper ac, vestibulum in, elit. Nullam faucibus mi quis velit. Fusce tellus. Fusce consectetur risus a nunc. Cras pede libero, dapibus nec, pretium sit amet, tempor quis. Morbi imperdiet, mauris ac auctor dictum, nisl ligula egestas nulla, et sollicitudin sem purus in lacus [18, 19, 20]. Mauris elementum mauris vitae tortor. Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incident ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem. Quisque porta. Integer vulputate sem a nibh rutrum consequat. Nulla pulvinar eleifend sem. Praesent id justo in neque elementum ultrices [21].

Fusce suscipit libero eget elit. Integer vulputate sem a nibh rutrum consequat. Aliquam erat volutpat. Etiam neque. Nulla turpis magna, cursus sit amet, suscipit a, interdum id, felis. Nullam rhoncus aliquam metus. Etiam dui sem, fermentum vitae, sagittis id, malesuada in, quam. Nunc auctor. Nunc dapibus tortor vel mi dapibus sollicitudin. Praesent in mauris eu tortor porttitor accumsan. Nulla non arcu lacinia neque faucibus fringilla. Nullam lectus justo, vulputate eget mollis sed, tempor sed magna. Maecenas lorem. Aenean placerat. Donec vitae arcu. Maecenas lorem. Donec iaculis gravida nulla. Nulla non lectus sed nisl molestie malesuada.

Duis pulvinar. Nulla est. Duis condimentum augue id magna semper rutrum. Integer pellentesque quam vel velit. Aliquam ante. Nulla quis diam. Proin mattis lacinia justo. Aenean fermentum risus id tortor. Nunc auctor. Nullam justo enim, consectetur nec, ullamcorper ac, vestibulum in, elit. In dapibus augue non sapien.

Etiam bibendum elit eget erat. In sem justo, commodo ut, suscipit at, pharetra vitae, orci. Maecenas libero.

Nulla non lectus sed nisl molestie malesuada. Donec vitae arcu. Aenean fermentum risus id tortor. Praesent in mauris eu tortor porttitor accumsan. Nulla pulvinar eleifend sem. Duis viverra diam non justo. Integer imperdiet lectus quis justo. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. In rutrum. Excepitur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Nulla non lectus sed nisl molestie malesuada. Aliquam erat volutpat. Mauris tincidunt sem sed arcu. Duis bibendum, lectus ut viverra rhoncus, dolor nunc faucibus libero, eget facilisis enim ipsum id lacus. Fusce tellus odio, dapibus id fermentum quis, suscipit id erat. In enim a arcu imperdiet malesuada. Nulla non lectus sed nisl molestie malesuada. Proin mattis lacinia justo.

Aliquam in lorem sit amet leo accumsan lacinia. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Duis sapien nunc, commodo et, interdum suscipit, sollicitudin et, dolor. Suspendisse sagittis ultrices augue. Nullam lectus justo, vulputate eget mollis sed, tempor sed magna. In convallis. Praesent id justo in neque elementum ultrices. Neque porro quisquam est, qui dolorem ipsum quia dolor sit amet, consectetur, adipisci velit, sed quia non numquam eius modi tempora incidunt ut labore et dolore magnam aliquam quaerat voluptatem.

Pellentesque pretium lectus id turpis. Nemo enim ipsam voluptatem quia voluptas sit aspernatur aut odit aut fugit, sed quia consequuntur magni dolores eos qui ratione voluptatem sequi nesciunt. Curabitur ligula sapien, pulvinar a vestibulum quis, facilisis vel sapien. Praesent dapibus. Sed elit dui, pellentesque a, faucibus vel, interdum nec, diam. Duis viverra diam non justo. Duis ante orci, molestie vitae vehicula venenatis, tincidunt ac pede. Phasellus rhoncus. Maecenas fermentum, sem in pharetra pellentesque, velit turpis volutpat ante, in pharetra metus odio a lectus. Proin pede metus, vulputate nec, fermentum fringilla, vehicula vitae, justo. Fusce aliquam vestibulum ipsum. Nullam at arcu a est sollicitudin euismod.

Závěr

Byla navržena elektronická hra Logic. Tato hra vychází z původní deskové hry. Byl také vyroben prototyp této hry.

V této práci byla uvedena pravidla deskové hry Logic. Dále byl popsán kompletní návrh elektronické verze této hry. Při výběru elektronických komponentů byl kladen důraz na spotřebu jednotlivých zařízení. Hru řídí mikrokontrolér ESP32-PICO. Herními prvky jsou inteligentní LED WS2812C, které jsou určeny pro přenosná zařízení. Hra Logic je integrována do jedné DPS, která řídí hru a zároveň jsou na ní umístěny herní prvky.

Při návrhu je kladen velký důraz na vizuální podobu s deskovou hrou Logic. Zároveň byla také zachována veškerá doporučená zapojení použitých čipů a modulů a rozmístění součástek na DPS.

Byl vyroben prototyp, na kterém byla otestována funkčnost zapojení. Při oživování prototypu byly odhaleny chyby, jejichž opravy jsou zpracovány do návrhu verze 1.0. Na prototypu byl následně otestován i software.

Dále bude projekt pokračovat v řešení softwaru. Bude vyrobena krabička na DPS a umístěn vypínač. Také budou vyzkoušeny další alternativy způsobu ovládání. DPS bude navržena, aby bylo možné hrát hru jak v konfiguraci pro jednoho hráče, tak v konfiguraci pro dva hráče.

Jsou také zvažovány další možnosti snížení spotřeby DPS, jako je například regulace jasu inteligentních LED v závislosti na okolním osvětlení.

Literatura

- [1] ADVANCED CIRCUITS: *PCB Trace Width Calculator* Denver, Colorado: [cit. 09. 12. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://www.4pcb.com/trace-width-calculator.html>](https://www.4pcb.com/trace-width-calculator.html).
- [2] Agátin svět: *Dřevěná hra Logik* Praha: [cit. 08. 12. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://www.agatinsvet.cz/drevena-hra-logik/?gclid=Cj0KCQiA5bz-BRD-ARIsABjT4nhc98iKGbskL1JDi_E0A2-Yynl_DG03UGjG5w-4-1mWRE58qwTKp1oaAj9CEALw_wcB>](https://www.agatinsvet.cz/drevena-hra-logik/?gclid=Cj0KCQiA5bz-BRD-ARIsABjT4nhc98iKGbskL1JDi_E0A2-Yynl_DG03UGjG5w-4-1mWRE58qwTKp1oaAj9CEALw_wcB).
- [3] Espressif: *ESP32_DevKic_v4* Poslední aktualizace 06. 12. 2017 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://dl.espressif.com/dl/schematics/esp32_devkitc_v4-sch.pdf>](https://dl.espressif.com/dl/schematics/esp32_devkitc_v4-sch.pdf).
- [4] Espressif Systems: *ESP32-PICO-D4* Poslední aktualizace 2019 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-pico-d4_datasheet_en.pdf>](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-pico-d4_datasheet_en.pdf).
- [5] Jean-Pierre Charras, Dick Hollenbeck, Wayne Stambaugh: *KiCad EDA* [cit. 07. 12. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://kicad.org>](https://kicad.org).
- [6] JLCPCB: *JLCPCB* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://jlcpcb.com>](https://jlcpcb.com).
- [7] JLCPCB: *PCB Capabilities* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://jlcpcb.com/capabilities/Capabilities>](https://jlcpcb.com/capabilities/Capabilities).
- [8] Klub deskových her Paluba: *Logik pravidla* [cit. 30. 11. 2020]. Dostupné z URL:
[<http://testapp.hrejsi.cz/logik/pravidla.htm>](http://testapp.hrejsi.cz/logik/pravidla.htm).
- [9] Laskarduino: *Nabíječka Li-ion článku TP4056 microUSB* [cit. 04. 12. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://www.laskarduino.cz/nabijecka-li-ion-clanku-tp4056-microusb>](https://www.laskarduino.cz/nabijecka-li-ion-clanku-tp4056-microusb).
- [10] NKON: *INR18650-29E* [cit. 01. 12. 2020]. Dostupné z URL:
[<https://eu.nkon.nl/samsung-inr18650-29e.html>](https://eu.nkon.nl/samsung-inr18650-29e.html).
- [11] POSTAV ROBOTA: *Držák na baterie, 2 akumulátorové články 18650 do DPS* [cit. 01. 12. 2020]. Dostupné z URL:

<<https://www.postavrobotu.cz/Drzak-na-baterie-2-akumulatorove-clanky-18650-d.htm>>.

- [12] RoboticsBrno, Jan Mrázek: *RB0005-UniversalStepDown* Brno: Poslední aktualizace 30. 11. 2020 [cit. 04. 12. 2020]. Dostupné z URL:
<<https://github.com/RoboticsBrno/RB0005-UniversalStepDown>>.
- [13] Satic Chipid: *TP4056 A Standalone Linear Li-lon Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8* [cit. 03. 12. 2020]. Dostupné z URL:
<<https://static.chipdip.ru/lib/977/DOC002977110.pdf>>.
- [14] SILERGY: *Applocation Note:AN_SY8105* [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Silergy-Corp-SY8105ADC_C178247.pdf>.
- [15] Silicon Laboratories Inc.: *CP2102N Data Sheet* USA: Poslední aktualizace květen 2016 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<<https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/cp2102n-datasheet.pdf>>.
- [16] Worldsemi: *WS2812C* Poslední aktualizace 06. 12. 2017 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1810231210_Worldsemi-WS2812C_C114587.pdf>.
- [17] VUT v Brně: *Uprava, odevzdávání a zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací na VUT v Brně* [online]. Směrnice rektora č. 2/2009. Brno: 2009, poslední aktualizace 24. 3. 2009 [cit. 23. 10. 2015]. Dostupné z URL:
<<https://www.vutbr.cz/uredni-deska/vnitri-prepisy-a-dokumenty/smernice-rektora-f34920/>>.
- [18] ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. 40 stran. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [19] ČSN ISO 7144 (010161) *Dokumentace – Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. 24 stran. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [20] ČSN ISO 31-11 *Veličiny a jednotky – část 11: Matematické znaky a značky používané ve fyzikálních vědách a v technice*. Praha: Český normalizační institut, 1999.

- [21] BIERNÁTOVÁ, O., SKÚPA, J.: *Bibliografické odkazy a citace dokumentů dle ČSN ISO 690 (01_0197) platné od 1. dubna 2011* [online]. 2011, poslední aktualizace 2. 9. 2011 [cit. 19. 10. 2011]. Dostupné z URL: <<http://www.citace.com/CSN-ISO-690.pdf>>
- [22] *Pravidla českého pravopisu*. Zpracoval kolektiv autorů. 1. vydání. Olomouc: FIN PUBLISHING, 1998. 575 s. ISBN 80-86002-40-3.
- [23] WALTER, G. G.; SHEN, X. *Wavelets and Other Orthogonal Systems*. 2. vyd. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2000. 392 s. ISBN 1-58488-227-1
- [24] SVAČINA, J. Dispersion Characteristics of Multilayered Slotlines – a Simple Approach. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 1999, vol. 47, no. 9, s. 1826–1829. ISSN 0018-9480.
- [25] RAJMÍC, P.; SYSEL, P. Wavelet Spectrum Thresholding Rules. In *Proceedings of the International Conference Research in Telecommunication Technology*, Žilina: Žilina University, 2002. s. 60–63. ISBN 80-7100-991-1.

Seznam symbolů a zkratek

Bd	Baud - (jednotka modulační rychlosti)
C	Kapacita
DPS	Deska plošného spoje
FLASH	Typ paměti, která je trvalá - nesmaže se ani při ztrátě napájení
GND	Ground - pin, který má nulový potenciál, vůči němu jsou referencované všechny ostatní signály
GPIO	General Purpose Input Output - piny, které mohou být vstupní nebo výstupní
kB	Kilobajt (jednotka velikosti paměti)
LED	Light-Emitting Diode - dioda emitující světlo
Li-Ion	Lithium-iontový akumulátor (druh nabíjecí baterie)
mAh	Miliampérhodina (jednotka kapacity používaná hlavně u baterií)
MB	Megabajt (jednotka velikosti paměti)
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor - tranzistor řízený elektrickým polem
RS-232	Druh sériového komunikačního rozhraní
RX	Reciever - přijímač sériového rozhraní
SMD	Surface Mount Device - součástky určené pro povrchovou montáž
SRAM	Static Random Access Memory - rychlá statická paměť, která se smaže při ztrátě napájení
THT	Through-hole technology - vývodová technologie součástek
TX	Transciever - vysílač sériového rozhraní
USB	Universal Serial Bus - univerzální sériová sběrnice, která se používá pro připojení zařízení k počítači
VDD	Označení napájecího napětí

Šířka levého sloupce Seznamu symbolů a zkratek je určena šířkou parametru prostředí acronym (viz řádek 1 výpisu zdrojáku na str. 54)

KolikMista pouze ukázka vyhrazeného místa

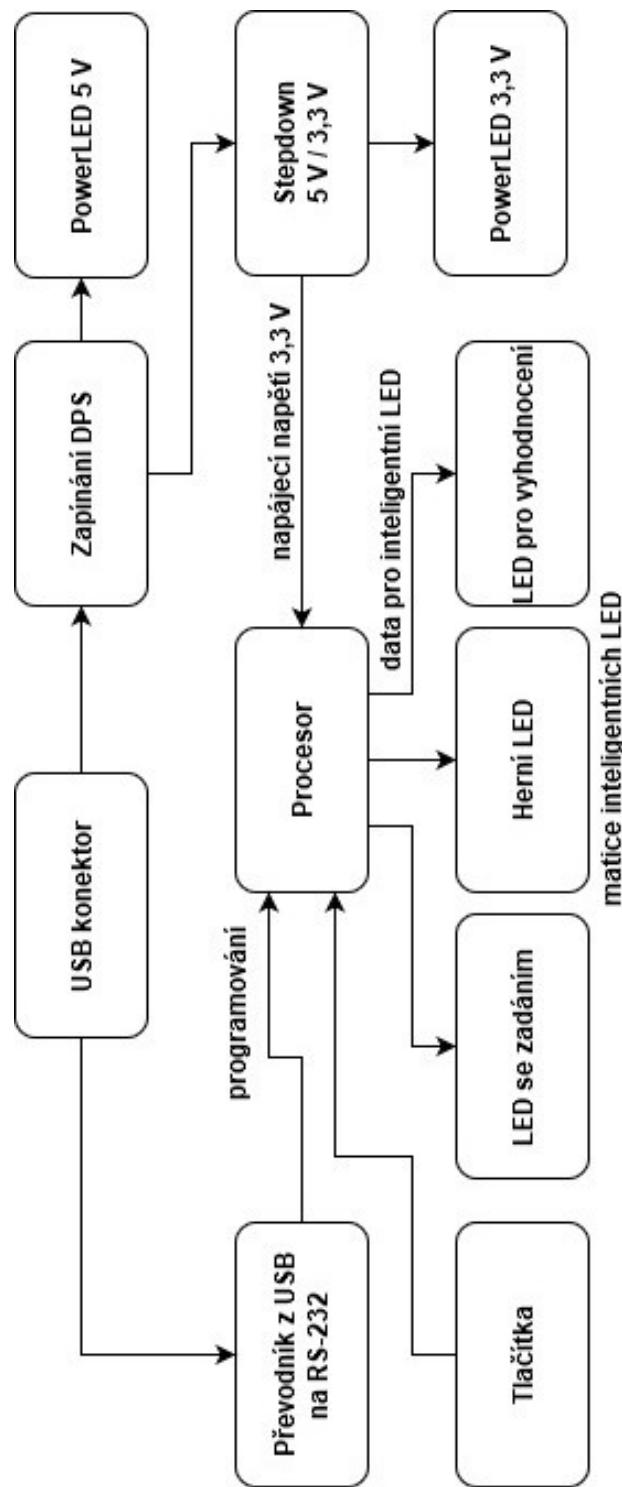
DSP číslicové zpracování signálů – Digital Signal Processing

f_{vz} vzorkovací kmitočet

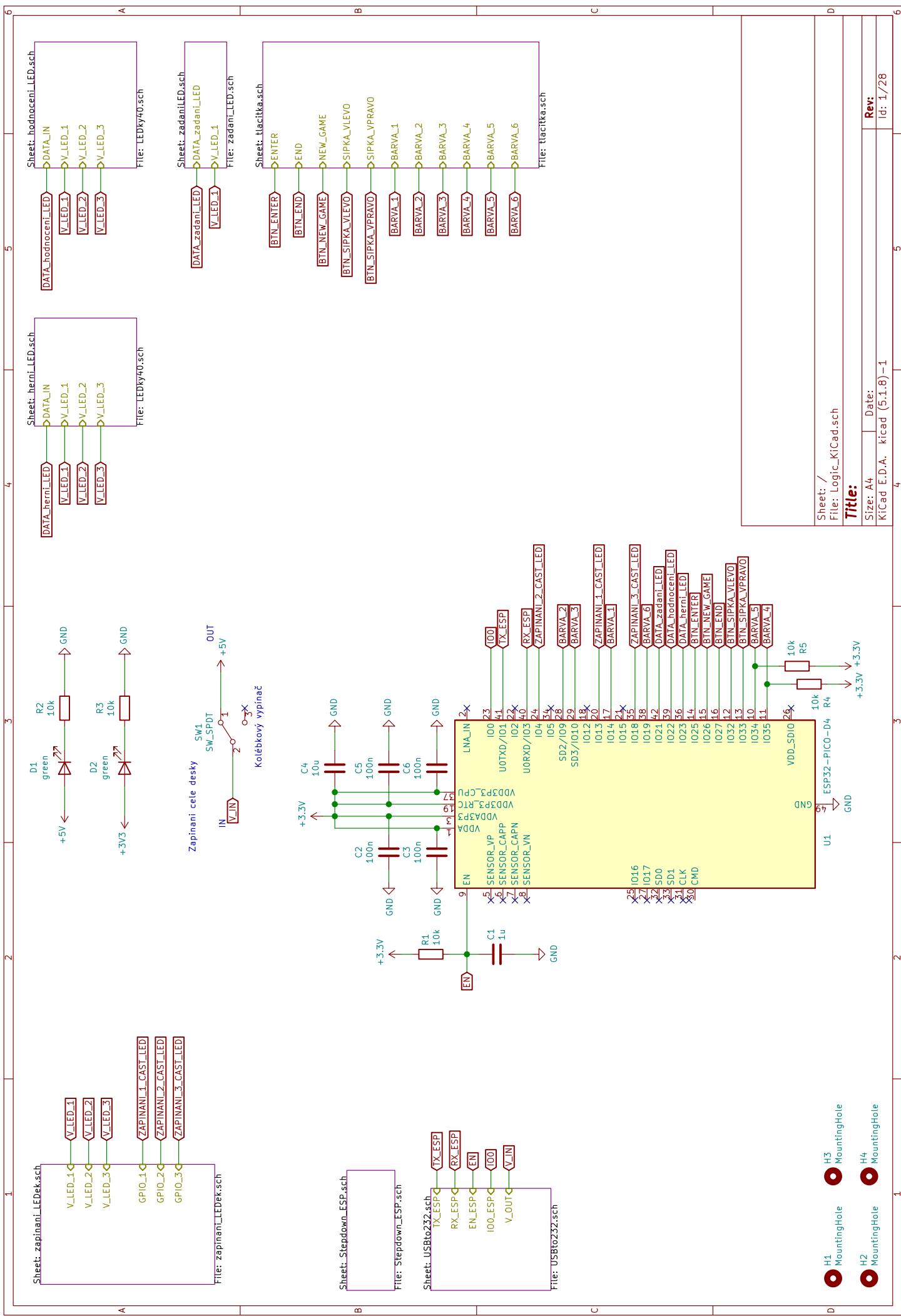
Seznam příloh

A Schéma zapojení DPS verze 1.0	38
B Výrobní podklady DPS verze 1.0	46
C Některé příkazy balíčku <i>thesis</i>	52
C.1 Příkazy pro sazbu veličin a jednotek	52
C.2 Příkazy pro sazbu symbolů	52
D Druhá příloha	53
E Příklad sazby zdrojových kódů	54
E.1 Balíček <i>listings</i>	54
F Obsah elektronické přílohy	59

A Schéma zapojení DPS verze 1.0



Obr. A.1: Blokové schéma DPS verze 1.0.

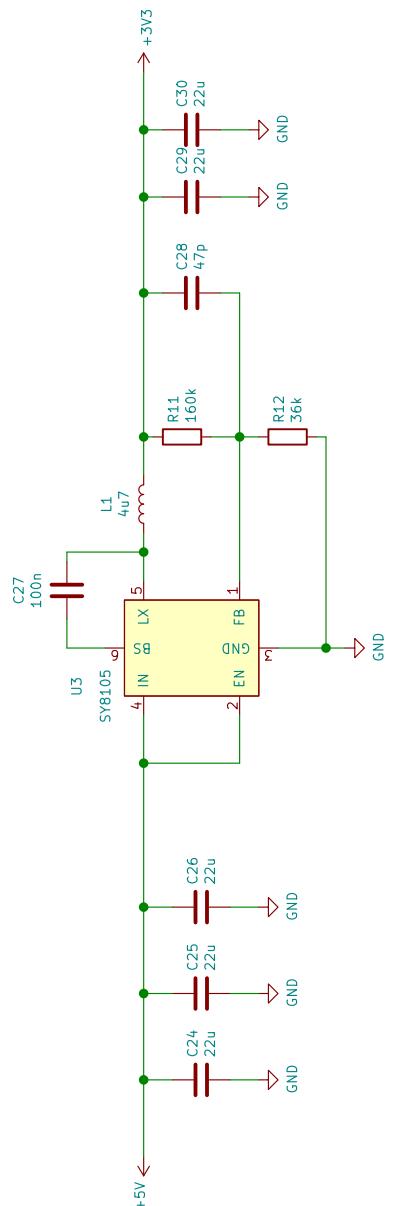


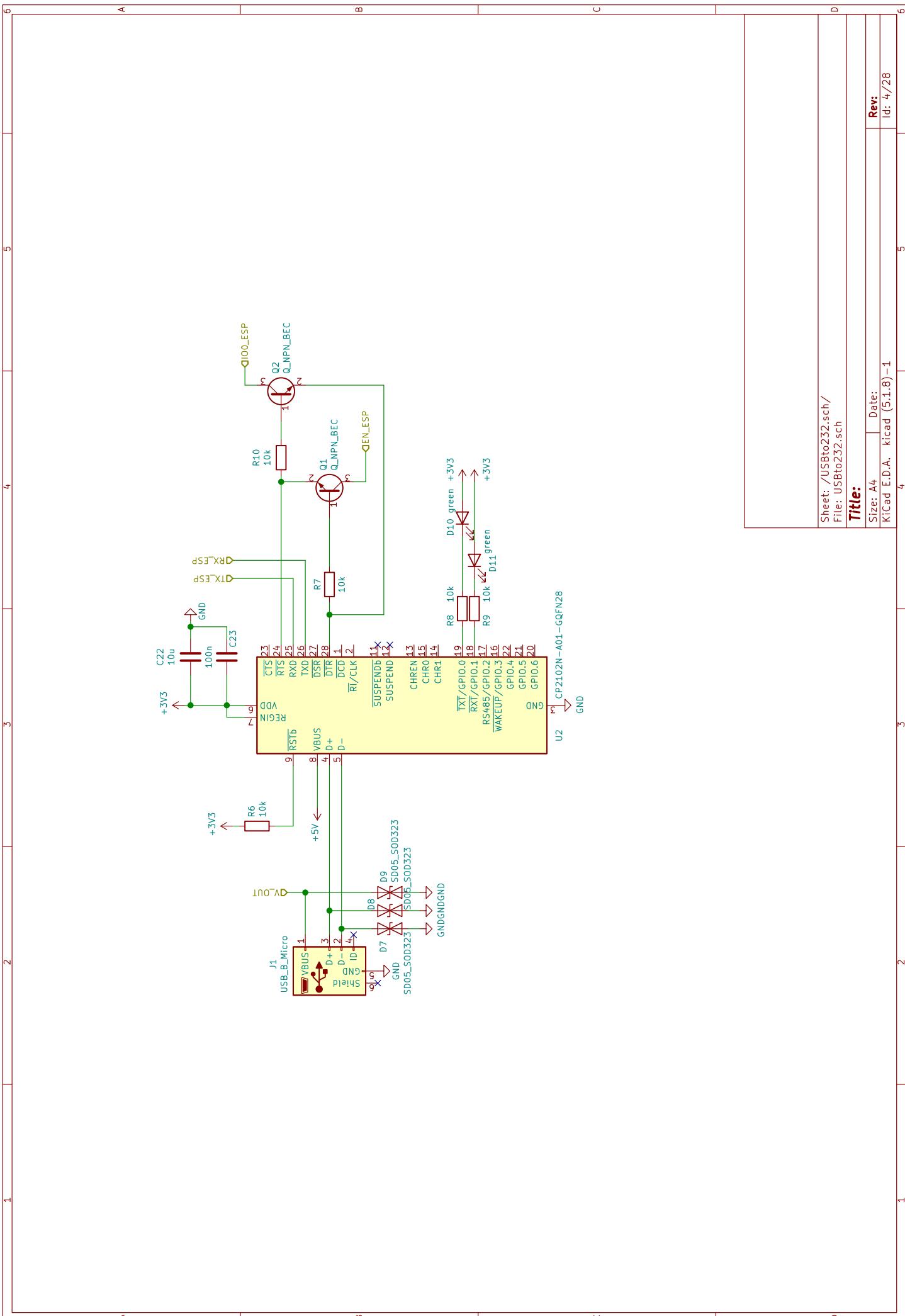
Sheet: /Stepdown_ESP.sch/
File: Stepdown_ESP.sch

Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. Date:
Id: 5/28

Rev:





Sheet: /USBio232.sch/
File: USBio232.sch

Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. Date:
kicad (5.1.8)-1
Rev: Id: 4/28

4

3

2

1

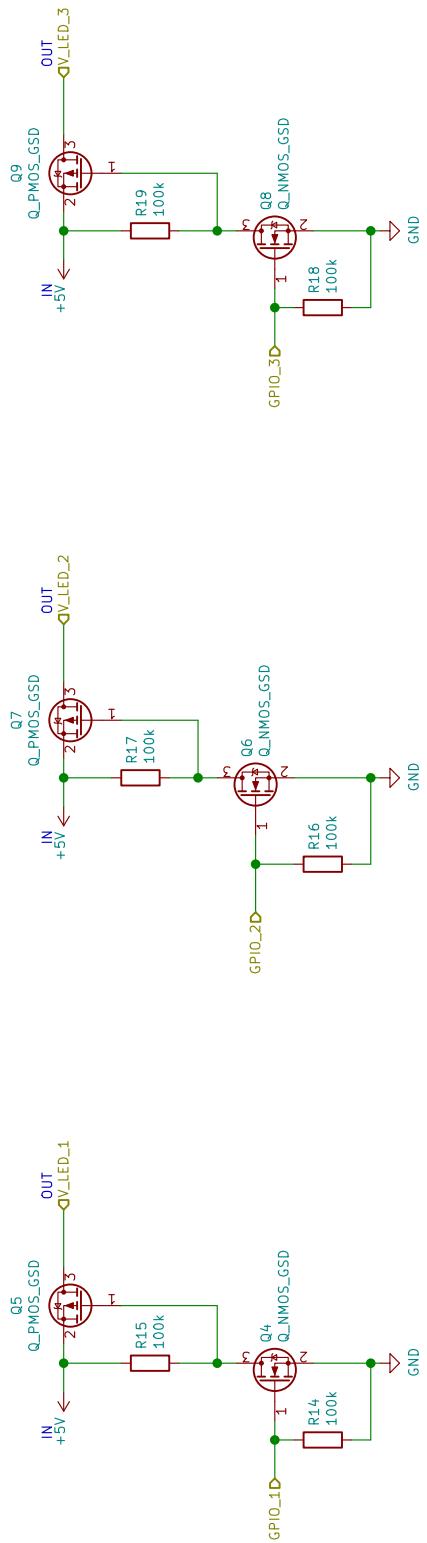
1

A

B

C

D

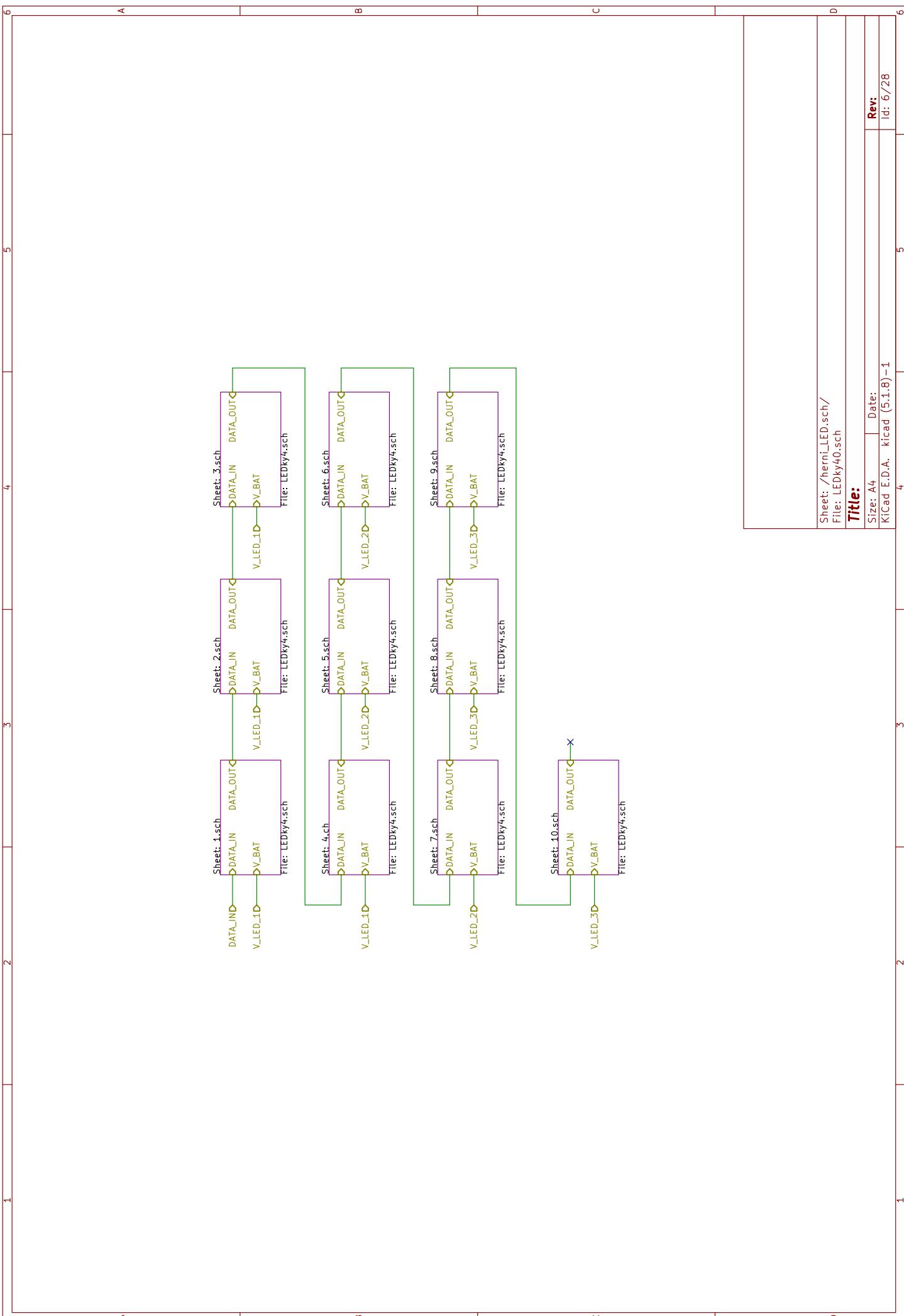


Sheet: /zapinani_LEDek.sch/
File: zapinani_LEDek.sch

Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. Date:
kicad (5.1.8)-1
Id: 17/28

Rev:

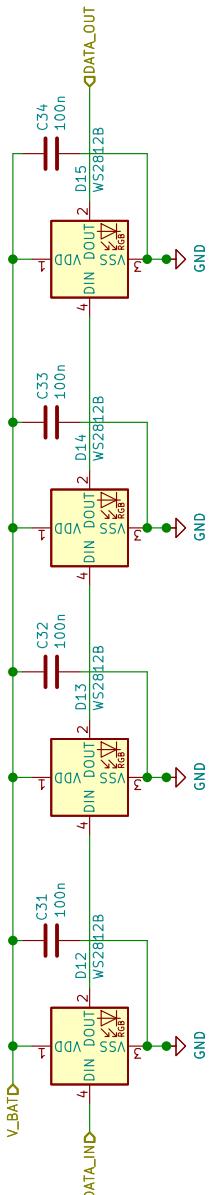


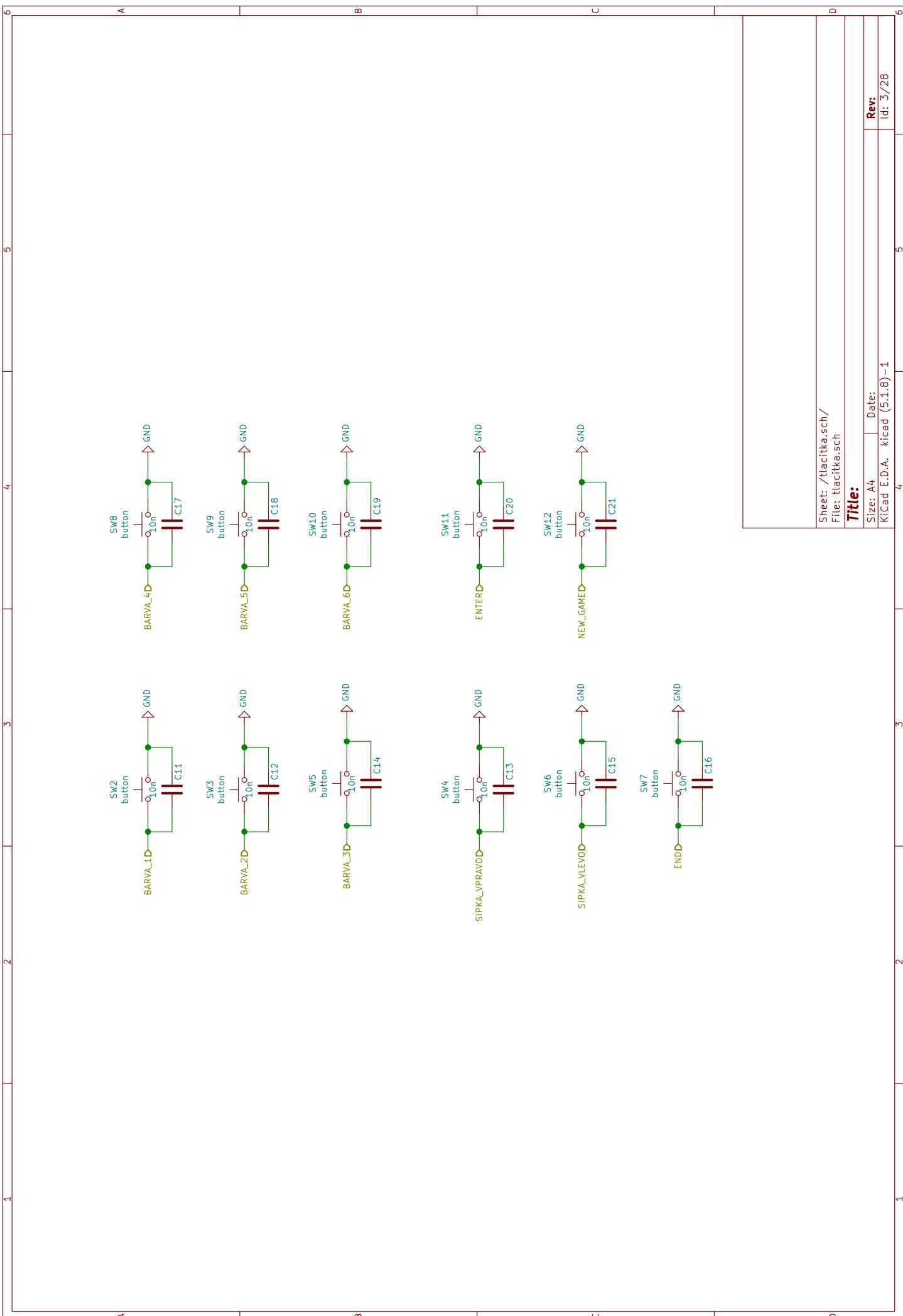
Sheet: /herni_LED.sch/1.sch/
File: LEDKy4.sch

Title:

Size: A4 Date:
KiCad E.D.A. kicad (5.1.8)-1
Id: 7/7/28

Rev: 5 5 5 5 5 5



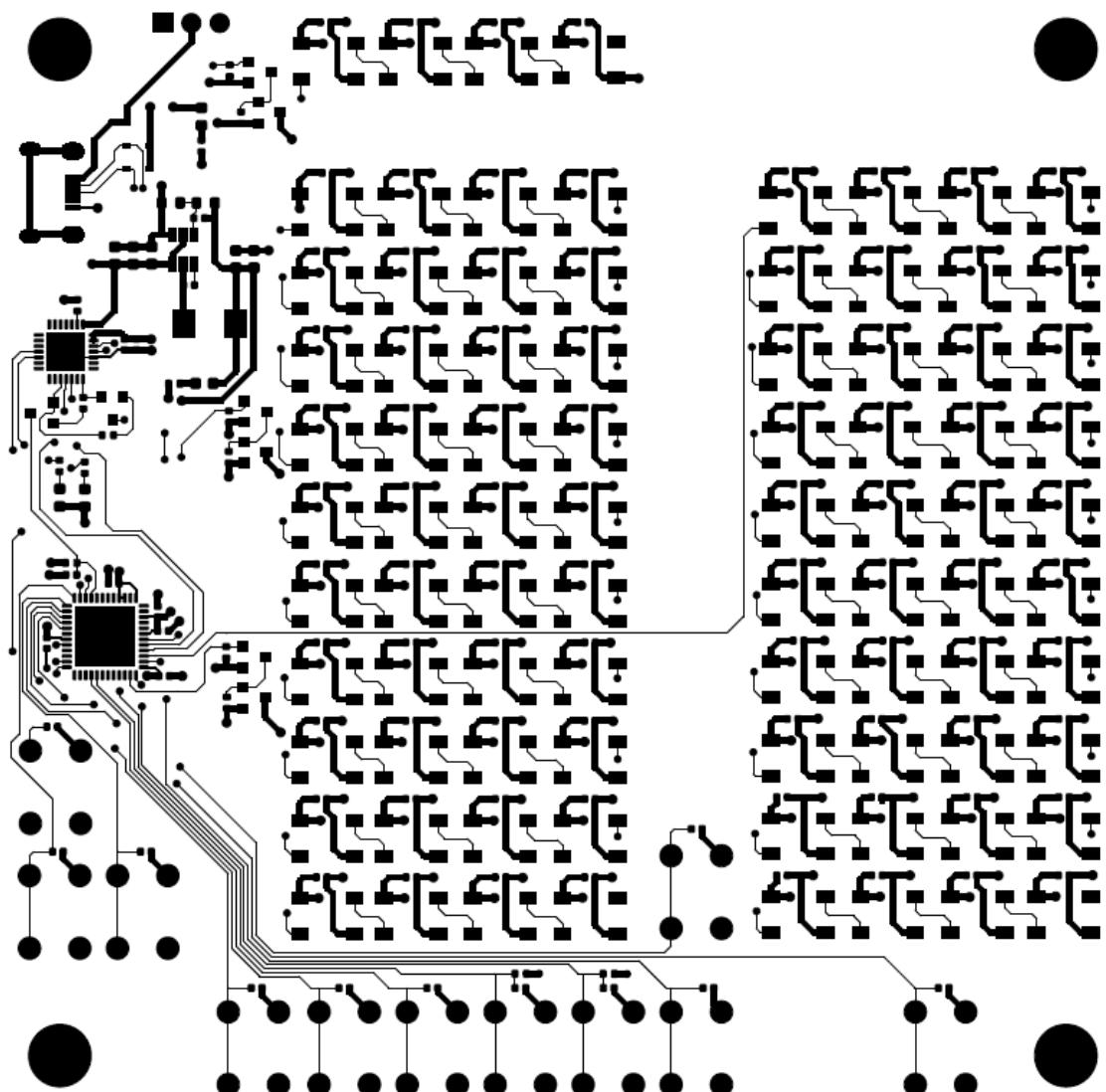


Sheet: /tacitka.sch/
File: tacitka.sch

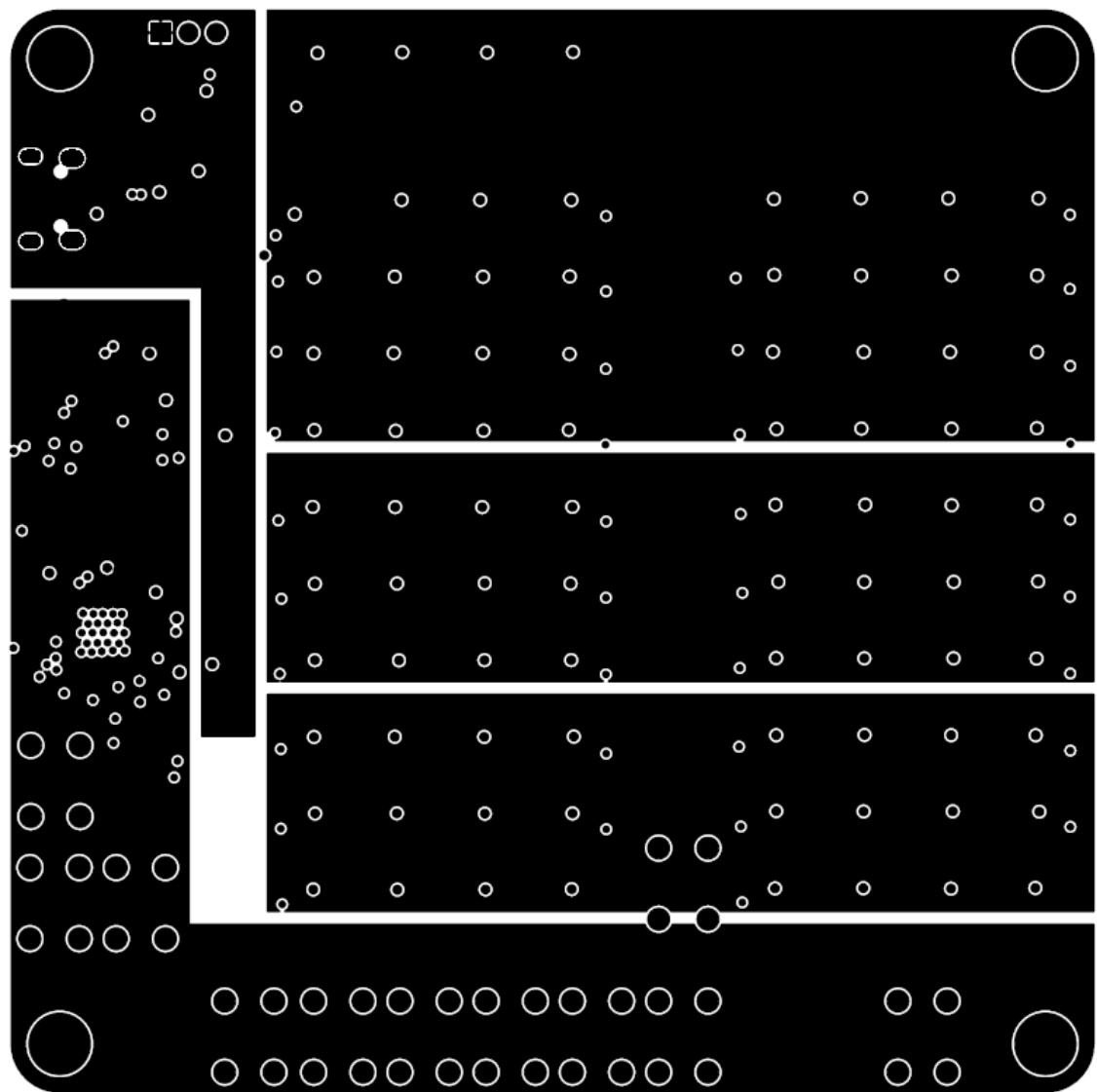
Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. Date:
kicad (5.1.8)-1
Id: 3/28

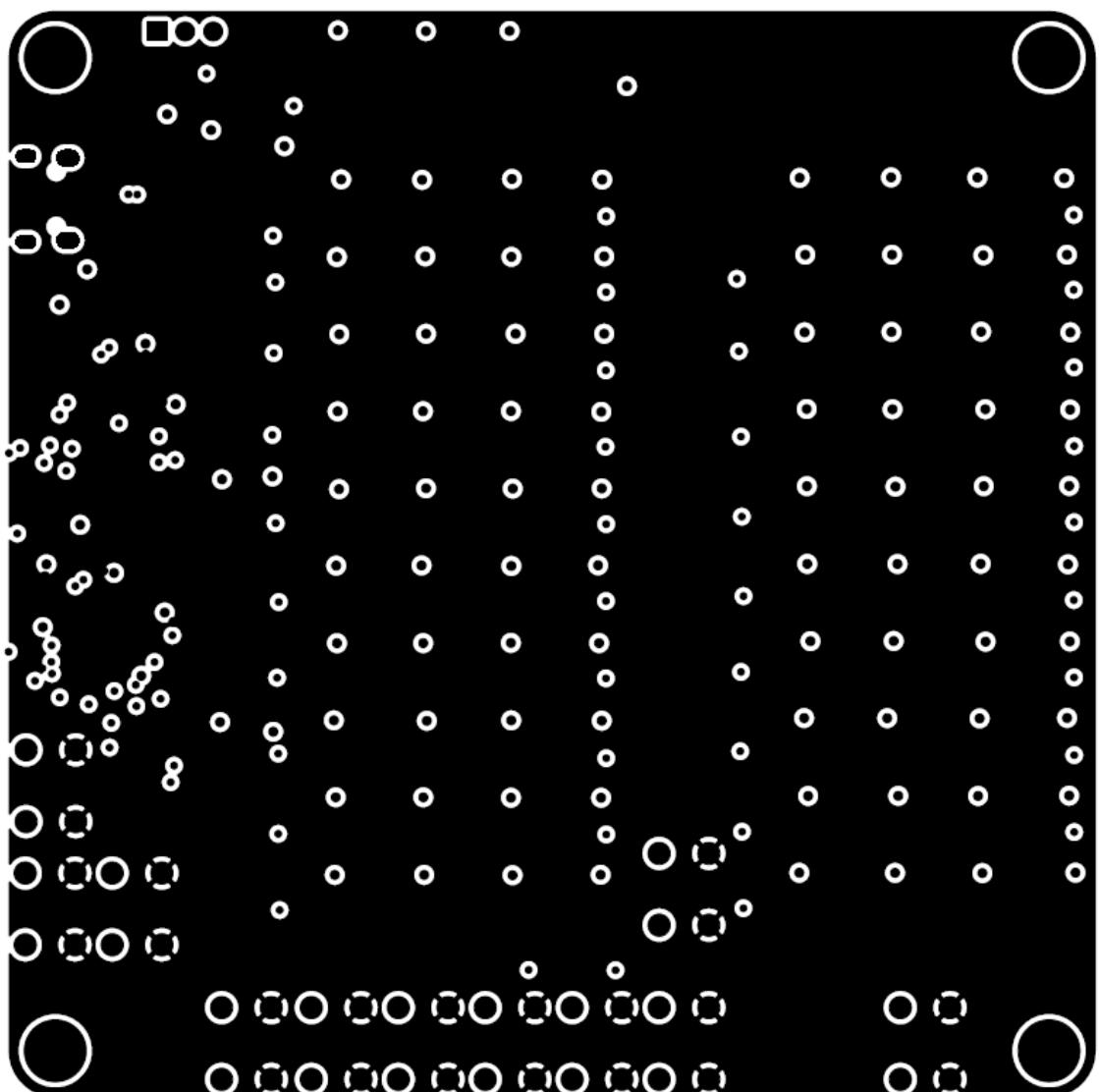
B Výrobní podklady DPS verze 1.0



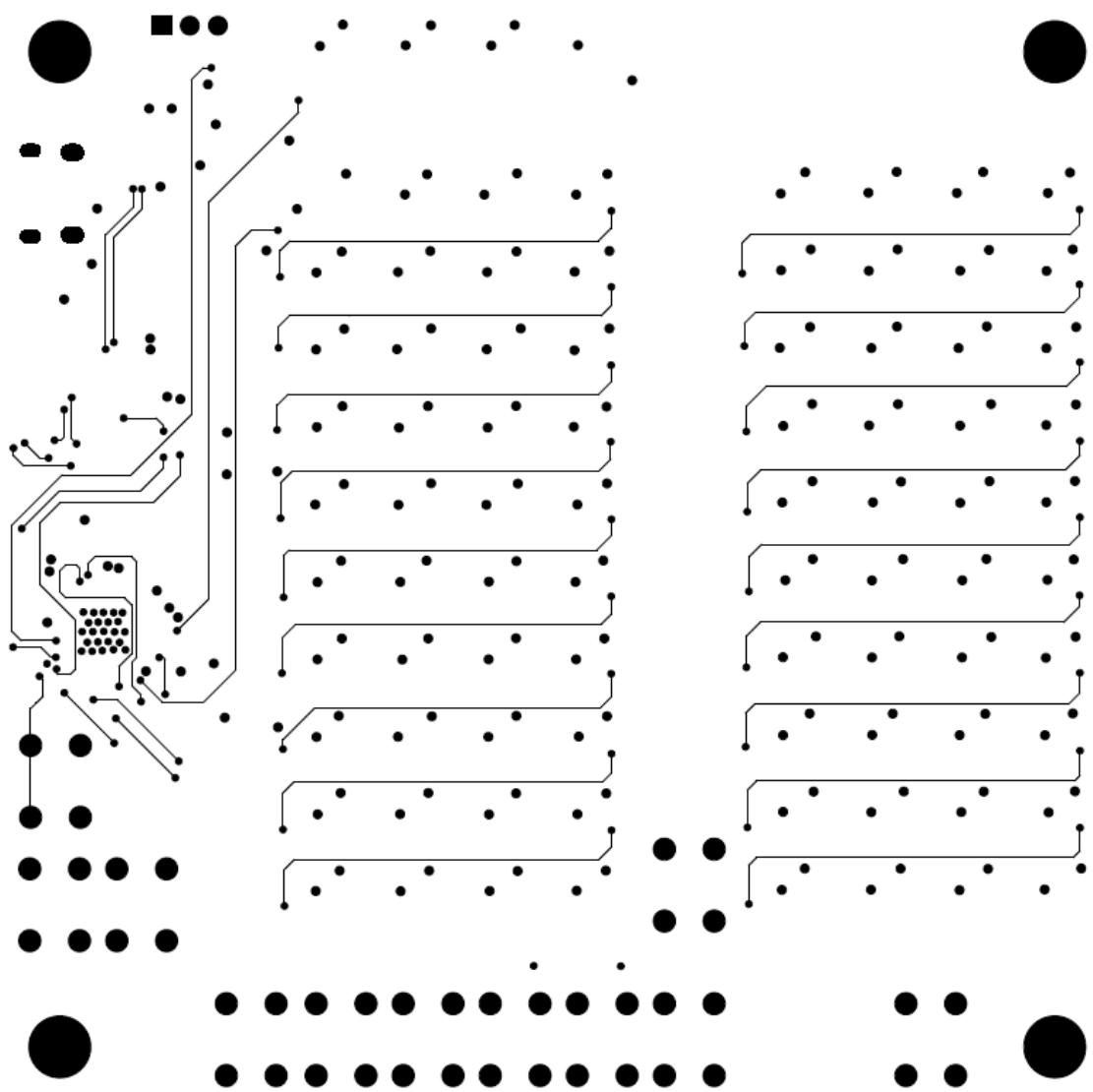
Obr. B.1: Vrstva mědi TOP.



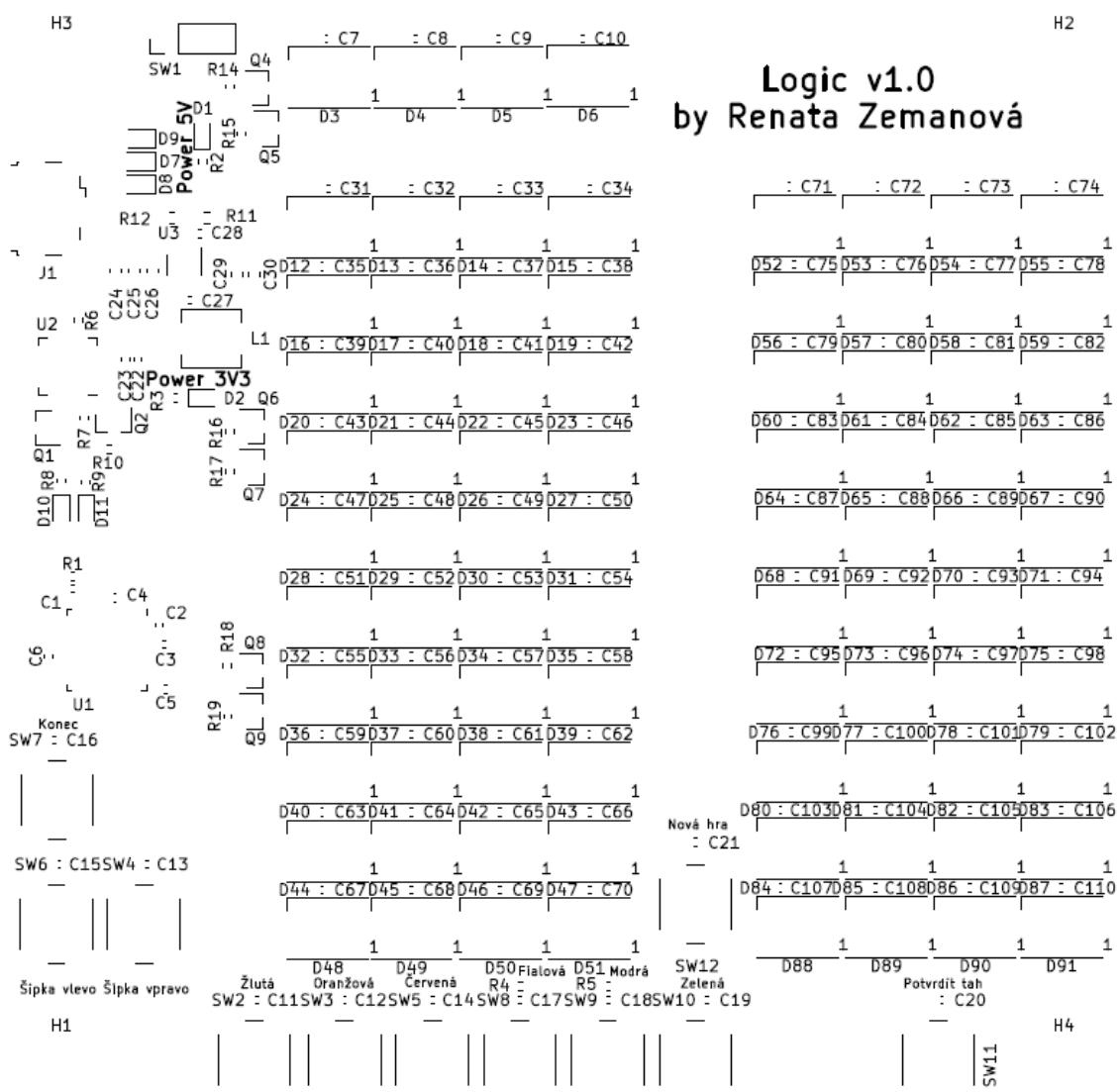
Obr. B.2: Vnitří vrstva mědi napájení.



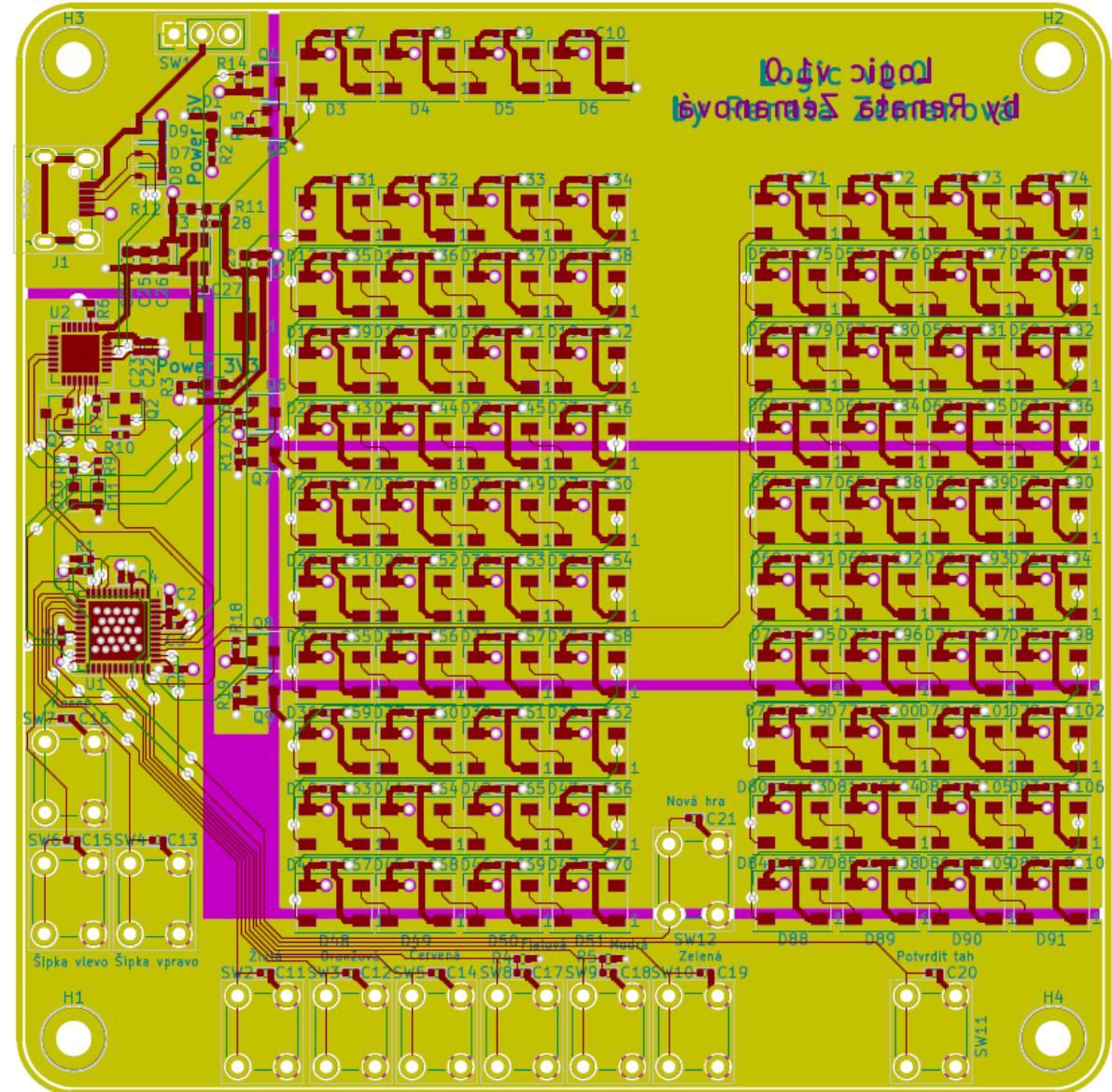
Obr. B.3: Vnitří vrstva mědi GND.



Obr. B.4: Vrstva mědi BOTTOM.



Obr. B.5: Vrstva s popisky.



Obr. B.6: Celá DPS.

C Některé příkazy balíčku thesis

C.1 Příkazy pro sazbu veličin a jednotek

Tab. C.1: Přehled příkazů pro matematické prostředí

Příkaz	Příklad	Zdroj příkladu	Význam
<code>\textind{...}</code>	β_{\max}	$\$\\beta_\\textind{max}\\$$	textový index
<code>\const{...}</code>	U_{in}	$\$\\const{U}_\\textind{in}\\$$	konstantní veličina
<code>\var{...}</code>	u_{in}	$\$\\var{u}_\\textind{in}\\$$	proměnná veličina
<code>\complex{...}</code>	u_{in}	$\$\\complex{u}_\\textind{in}\\$$	komplexní veličina
<code>\vect{...}</code>	\mathbf{y}	$\$\\vect{y}\\$$	vektor
<code>\mat{...}</code>	\mathbf{Z}	$\$\\mat{Z}\\$$	matice
<code>\unit{...}</code>	kV	$\$\\unit{kV}\\$ či \\unit{kV}\\$$	jednotka

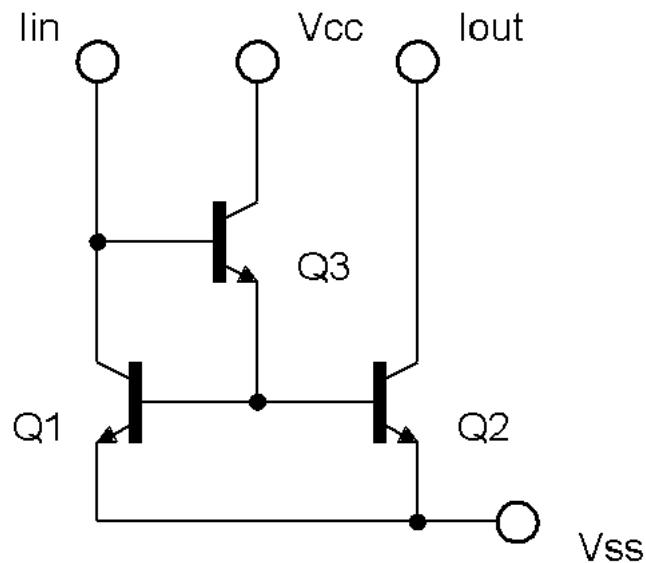
C.2 Příkazy pro sazbu symbolů

- `\E`, `\eul` – sazba Eulerova čísla: e,
- `\J`, `\jmag`, `\I`, `\imag` – sazba imaginární jednotky: j, i,
- `\dif` – sazba diferenciálu: d,
- `\sinc` – sazba funkce: sinc,
- `\mikro` – sazba symbolu mikro stojatým písmem¹: μ,
- `\uppi` – sazba symbolu π (stojaté řecké pí, na rozdíl od `\pi`, což sází π).

Všechny symboly jsou určeny pro matematický mód, vyjma `\mikro`, jenž je použitelný rovněž v textovém módu.

¹znak pochází z balíčku `textcomp`

D Druhá příloha



Obr. D.1: Zlepšené Wilsonovo proudové zrcadlo.

Pro sazbu vektorových obrázků přímo v L^AT_EXu je možné doporučit balíček TikZ. Příklady sazby je možné najít na T_EXample. Pro vyzkoušení je možné použít programy QTikz nebo TikzEdt.

E Příklad sazby zdrojových kódů

E.1 Balíček `listings`

Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít balíček `listings`. Balíček zavádí nové prostředí `lstlisting` pro sazbu zdrojových kódů, jako například:

```
\section{Balíček lstlisting}
Pro vysázení zdrojových souborů je možné použít
    balíček \href{https://www.ctan.org/pkg/listings}%
    {\texttt{listings}}.
Balíček zavádí nové prostředí \texttt{lstlisting} pro
    sazbu zdrojových kódů.
```

Podporuje množství programovacích jazyků. Kód k vysázení může být načítán přímo ze zdrojových souborů. Umožňuje vkládat čísla řádků nebo vypisovat jen vybrané úseky kódu. Např.:

Zkratky jsou sázeny v prostředí `acronym`:

```
6 \begin{acronym}[KolikMista]
```

Šířka textu volitelného parametru `KolikMista` udává šířku prvního sloupce se zkratkami. Proto by měla být zadávána nejdélší zkratka nebo symbol. Příklad definice zkratky f_{vz} je na výpisu E.1.

Výpis E.1: Ukázka sazby zkratky

```
75 \acro{symfvz} % název
76   [\ensuremath{f_{\text{\tiny \texttt{vz}}}}] % symbol
77   {vzorkovací kmitočet} % popis
```

Ukončení seznamu je provedeno ukončením prostředí:

```
26 \% Kilohm (jednotka odporu)
27 \acro{LED}
28   {Light-Emitting Diode - dioda emitující světlo}
29 \acro{Li-Ion}
30   {Lithium-iontový akumulátor (druh nabíjecí baterie)}
31 \% \acro{mA}
32 \% Milliampér (jednotka proudu)
33 \acro{mAh}
34   {Milliampérhodina (jednotka kapacity používaná hlavně u~baterií)}
35 \acro{MB}
36   {Megabajt (jednotka velikosti paměti)}
```

```

37 % \acro{mm}
38 % {Milimetr (jednotka délky)}
39 \acro{MOSFET}
40     {Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor - tranzistor}
41 \acro{RS-232}
42     {Druh sériového komunikačního rozhraní}
43 \acro{RX}
44     {Reciever - přijímač sériového rozhraní}
45 \acro{SMD}
46     {Surface Mount Device - součástky určené pro povrchovou montáž}
47 \acro{SRAM}
48     {Static Random Acess Mamory - rychlá statické paměť, která se s}
49 \acro{THT}
50     {Through-hole technology - vývodová technologie součástek}
51 \acro{TX}
52     {Transciever - vysílač sériového rozhraní}
53 \acro{USB}
54     {Universal Serial Bus - univerzální sériová sběrnice, která se s}
55 % \acro{V}
56 % {Volt (základní jednotka napětí)}
57 \acro{VDD}
58     {Označení napájecího napětí}
59
60
61 %%%
62 \acro{zkTemp}    % název
63     [Šířka levého sloupce Seznamu symbolů a zkratek]
64     {je určena šířkou parametru prostředí \texttt{acronym} (viz řád}
65             % rozvinutí zkratky
66
67 \acro{zkDummy}
68     [KolikMista]
69     {pouze ukázka vyhrazeného místa}
70
71 \acro{DSP}      % název/zkratka
72     {číslicové zpracování signálů -- Digital Signal Processing}
73             % rozvinutí zkratky
74 %%% bsymfvz
75 \acro{symfvz}      % název

```

```
76      [\ensuremath{f_{\text{vz}}}] % symbol
77      \{vzorkovací kmitočet\} % popis
78      %% esymfuz
79
80 \end{acronym}
```

Poznámka k výpisům s použitím volby jazyka czech nebo slovak:

Pokud Váš zdrojový kód obsahuje znak spojovníku –, pak překlad může skončit chybou. Ta je způsobena tím, že znak – je v českém nebo slovenském nastavení balíčku `babel` tzv. aktivním znakem. Přepněte znak – na neaktivní příkazem `\shorthandoff{-}` těsně před výpisem a hned za ním jej vrátte na aktivní příkazem `\shorthandon{-}`. Podobně jako to je ukázáno ve zdrojovém kódu šablony.

Na výpisu E.2 naleznete příklad kódu pro Matlab, na výpisu E.3 zase pro jazyk C.

Výpis E.2: Příklad Schur-Cohnova testu stability v prostředí Matlab.

```
1 %% Priklad testovani stability filtrov  
2  
3 % koeficienty polynomu ve jmenovateli  
4 a = [ 5, 11.2, 5.44, -0.384, -2.3552, -1.2288];  
5 disp( 'Polynom:' ); disp(poly2str( a, 'z' ))  
6  
7 disp('Kontrola pomocí korenů polynomu:');  
8 zx = roots( a );  
9 if( all( abs( zx ) < 1 ))  
10    disp('System je stabilní')  
11 else  
12    disp('System je nestabilní nebo na mezi stability');  
13 end  
14  
15 disp(''); disp('Kontrola pomocí Schur-Cohn:');  
16 ma = zeros( length(a)-1,length(a) );  
17 ma(1,:) = a/a(1);  
18 for( k = 1:length(a)-2)  
19    aa = ma(k,1:end-k+1);  
20    bb = fliplr( aa );  
21    ma(k+1,1:end-k+1) = (aa-aa(end)*bb)/(1-aa(end)^2);  
22 end  
23  
24 if( all( abs( diag( ma.' ) ) ) )  
25    disp('System je stabilní')  
26 else  
27    disp('System je nestabilní nebo na mezi stability');  
28 end
```

Výpis E.3: Příklad implementace první kanonické formy v jazyce C++.

```
void _init_ (){
    pinMode(LED_PIN_GAME, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN_TASK, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN_EVAL, OUTPUT);

    pinMode(SET_POWER_LEDS_1_TO_4, OUTPUT);
    pinMode(SET_POWER_LEDS_5_TO_7, OUTPUT);
    pinMode(SET_POWER_LEDS_8_TO_10, OUTPUT);

    pinMode(SW_ENTER, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_RIGHT, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_LEFT, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_END, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_NEW_GAME, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_YELLOW, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_ORANGE, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_RED, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_PURPLE, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_BLUE, INPUT_PULLUP);
    pinMode(SW_GREEN, INPUT_PULLUP);

    digitalWrite(SET_POWER_LEDS_1_TO_4, POWER_ON);
    digitalWrite(SET_POWER_LEDS_5_TO_7, POWER_OFF);
    digitalWrite(SET_POWER_LEDS_8_TO_10, POWER_OFF);
}
```

F Obsah elektronické přílohy

Elektronická příloha je často nedílnou součástí semestrální nebo závěrečné práce. Vkládá se do informačního systému VUT v Brně ve vhodném formátu (ZIP, PDF ...).

Nezapomeňte uvést, co čtenář v této příloze najde. Je vhodné komentovat obsah každého adresáře, specifikovat, který soubor obsahuje důležitá nastavení, který soubor je určen ke spuštění, uvést nastavení komplikátoru atd. Také je dobré napsat, v jaké verzi software byl kód testován (např. Matlab 2018b). Pokud bylo cílem práce vytvořit hardwarové zařízení, musí elektronická příloha obsahovat veškeré podklady pro výrobu (např. soubory s návrhem DPS v Eagle).

Pokud je souborů hodně a jsou organizovány ve více složkách, je možné pro výpis adresářové struktury použít balíček `dirtree`.

```
/..... kořenový adresář přiloženého archivu
  logo ..... loga školy a fakulty
    BUT_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
    BUT_color_PANTONE_EN.pdf
    FEEC_abbreviation_color_PANTONE_EN.pdf
    FEKT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
    UTKO_color_PANTONE_CZ.pdf
    UTKO_color_PANTONE_EN.pdf
    VUT_barevne_PANTONE_CZ.pdf
    VUT_symbol_barevne_PANTONE_CZ.pdf
    VUT_zkratka_barevne_PANTONE_CZ.pdf
  obrazky ..... ostatní obrázky
    soucastky.png
    spoje.png
    ZlepseWilsonovoZrcadloNPN.png
    ZlepseWilsonovoZrcadloPNP.png
  pdf ..... pdf stránky generované informačním systémem
    student-desky.pdf
    student-titulka.pdf
    student-zadani.pdf
  text ..... zdrojové textové soubory
    literatura.tex
    prilohy.tex
    reseni.tex
    uvod.tex
    vysledky.tex
    zaver.tex
    zkratky.tex
  sablona-obhaj.tex ..... hlavní soubor pro sazbu prezentace k obhajobě
  sablona-prace.tex ..... hlavní soubor pro sazbu kvalifikační práce
  thesis.sty ..... balíček pro sazbu kvalifikačních prací
```