

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE



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

AUTHOR

Renata Zemanová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

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.

Obsah

Úvod	11
1 Pravidla hry	13
2 Popis zapojení	15
2.1 Procesor	15
2.2 Napájení	17
2.2.1 v0.0	17
2.2.2 v1.0	17
2.3 Stepdown	17
2.4 Převodník z USB na RS-232	18
2.5 Inteligentní LED	19
2.5.1 Rozdělení	20
2.5.2 Zapínání napájení	20
2.6 Spínací prvky	22
2.7 PowerLED	22
3 Popis DPS	23
4 Oživení DPS	25
4.1 v0.0	25
4.2 v1.0	25
5 Způsob ovládání elektronické hry	27
Závěr	29
Literatura	31
Seznam symbolů, veličin a zkratk	33
Seznam příloh	35

Seznam obrázků

2.1	Blokové schéma zapojení v0.0	15
2.2	Blokové schéma zapojení v1.0	15
2.3	Schéma zapojení procesoru ESP32-PICO	16
2.4	Schéma zapojení čipu SY8105	18
2.5	Schéma zapojení převodníku z USB na RS-232	19
2.6	Zapojení LED pro indikaci komunikace čipu CP2102 s procesorem . .	19
2.7	Zapojení inteligentních LED WS2812C	20
2.8	Obvod pro zapínání napájení pro inteligentní LED	21
2.9	Zapojení tlačítek	22
2.10	Zapojení LED pro indikaci napájecího napětí	22
3.1	Rozložení součástek kolem čipu SY8105 na DPS	23

Seznam tabulek

2.1	Parametry čipu SY8105 [7]	17
2.2	Parametry čipu CP2102 [8]	18
2.3	Parametry inteligentních LED WS2812C [2]	20

Úvod

1 Pravidla hry

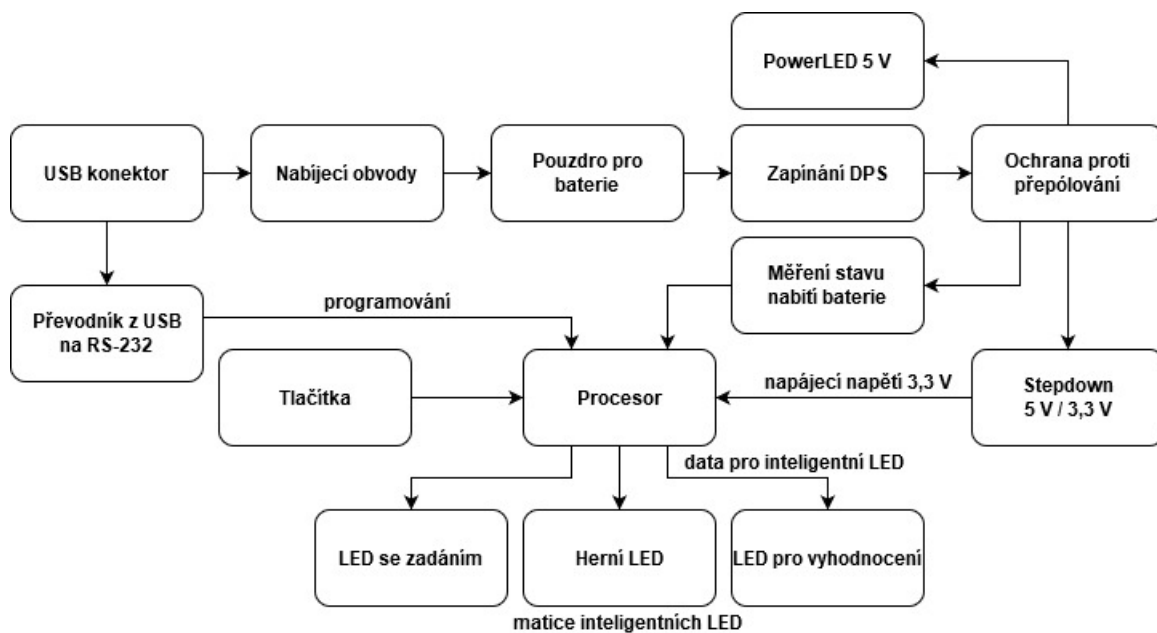
Hra Logic je desková hra pro dva hráče [1]. Jeden hráč určí hledanou kombinaci, dále bude označován jako hráč A, a druhý tuto kombinaci za pomoci logických úvah a vyhodnocení hráčem A hledá, dále bude označován jako hráč B.

Hráči si určí herní pozice. Hráč A vybere barvy a následně je v určitém pořadí vloží do zadávacího pole a zakryje je, aby tuto kombinaci spoluhráč neviděl. Hráč B je v této chvíli otočen. Hráč B následně zvolí náhodnou kombinaci barev a jejich pozic. Po ukončení tahu nechá hráče A, aby 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 daná barva se v zadání nevyskytuje. Poté začne hráč B na základě vyhodnocení a svých všech předchozích tahů hledat správnou kombinaci.

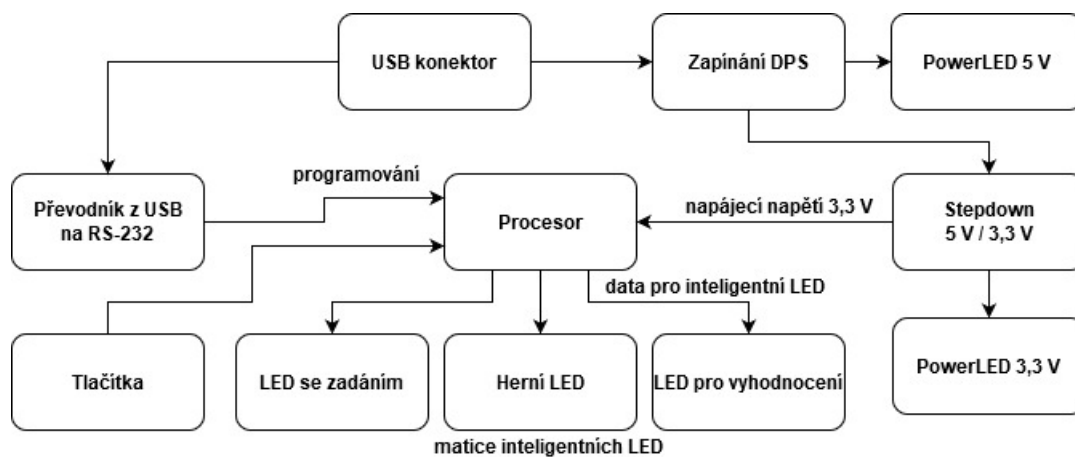
Cílem hry je nalézt správnou kombinaci dříve, než skončí plocha herního pole.

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.

2 Popis zapojení



Obr. 2.1: Blokové schéma zapojení v0.0.



Obr. 2.2: Blokové schéma zapojení v1.0.

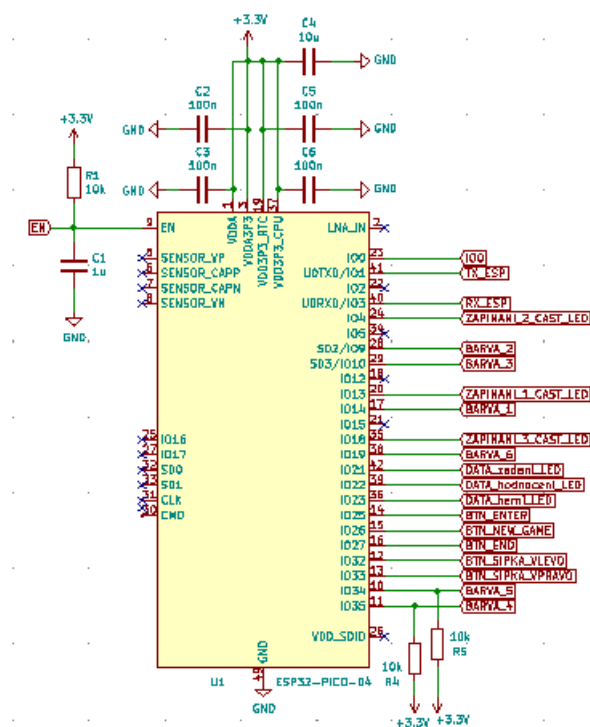
2.1 Procesor

Byl vybrán procesor ESP32-PICO-D4.

Tento procesor obsahuje [4]:

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

Napájecí napětí tohoto procesoru 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 procesorem a okolním světem.



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

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 procesor ztratil přístup ke své paměti.

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

2.2.1 v0.0

2.2.2 v1.0

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 programování procesoru a nabíjení baterií.

Výhody

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

Nevýhody

- předpokládá se, že uživatel vlastní powerbanku.

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

2.3 Stepdown

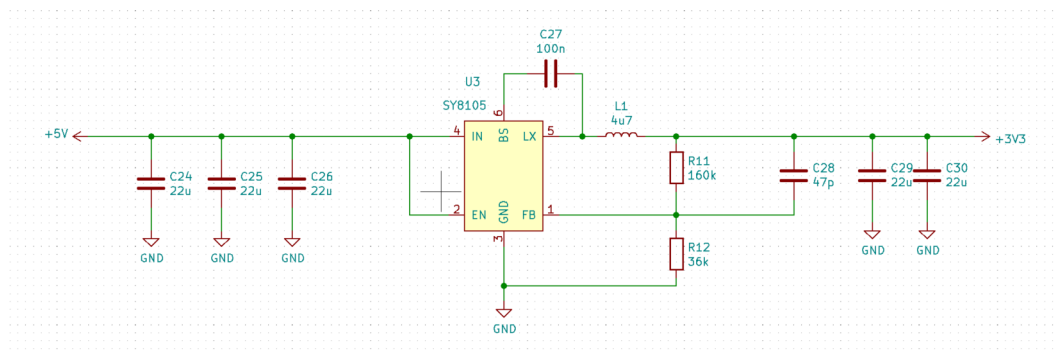
Procesor ESP32-PICO-D4 má napájecí napětí 3,3 V. Napětí z powerbanky přes USB je 5 V. Proto je tedy zapotřebí zapojit stepdown, který bude vytvářet z napájecího napětí 5 V napájecí napětí pro procesor.

Jako stepdown byl zvolen čip SY8105.

Tab. 2.1: Parametry čipu SY8105 [7]

Vstupní napětí	1,5 - 18 V
Maximální výstupní proud	5 A

Výstupní napětí je závislé na poměru odporů R11 a R12. Nastavené velikosti odporů jsou pro výstupní napětí 3,3 V pro procesor ESP32-PICO.



Obr. 2.4: Schéma zapojení čipu SY8105 [7].

2.4 Převodník z USB na RS-232

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

Pro převod z USB na RS-232 byl použit čip CP2102, který zároveň převádí logiku z 0 - 5 V na logiku 0 - 3,3 V [8]. Zapojení čipu bylo převzato z kitu ESP32-DEVKITC, kde je zapojení funkční s použitím ESP32-WROOM. ESP32-PICO a ESP32-WROOM se liší pouze v drobnostech, proto mohlo být toto zapojení převzato.

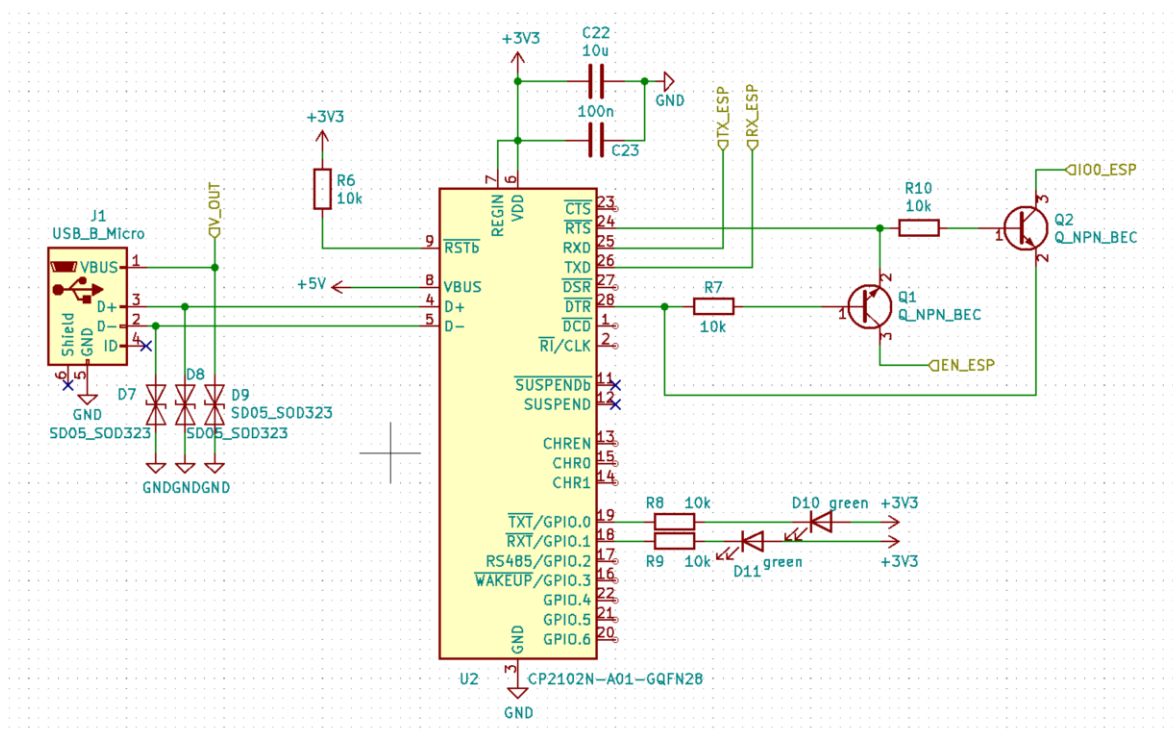
Čip CP2102 dokáže komunikovat veškerým množstvím komunikačních rychlostí (300, 9600, 19200, 38400, 115200, 256000, atd) [8]. PC započne komunikaci určitou rychlostí a tento čip tuto komunikaci zachytí, určí rychlost a touto rychlostí začne probíhat programování.

Tab. 2.2: Parametry čipu CP2102 [8]

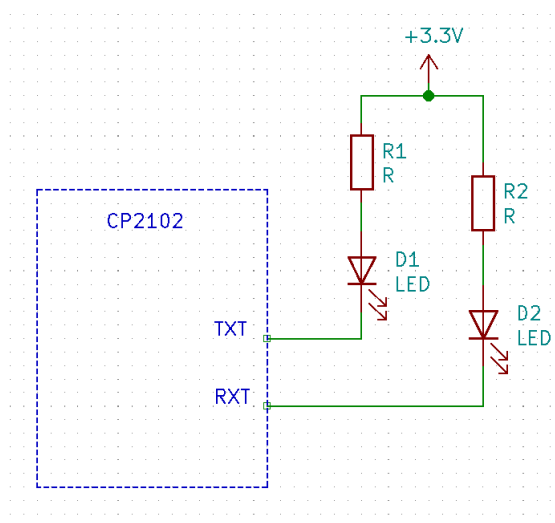
Typický odběr proudu	9,5 mA
----------------------	--------

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 procesoru 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 procesorem. Jsou zapojeny podle datasheetu [8]. Pokud je do procesoru nahráván program, tak LED D10 a D11 blikají.



Obr. 2.5: Schéma zapojení převodníku z USB na RS-232 [3].



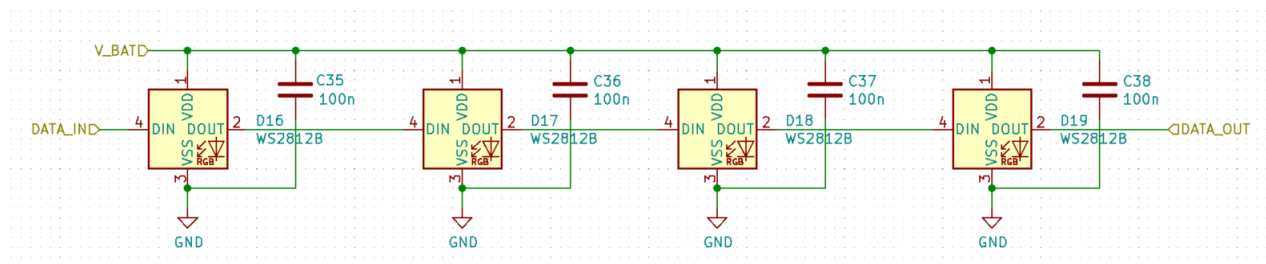
Obr. 2.6: Zapojení LED pro indikaci komunikace čipu CP2102 s procesorem [8].

2.5 Inteligentní LED

Byly vybrány inteligentní LED typu WS2812C. Tento typ inteligentních LED je určen pro přenosná zařízení, díky jejich nízké spotřebě. Tyto inteligentní LED jsou plně

kompatibilní s typem WS2812B [2]. K těmto inteligentním LED existují knihovny, které usnadňují softwarovou práci s nimi.

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 převeze data z pinu DATA IN, která jsou pro ni, a zbytek pošle ven přes pin DATA OUT.



Obr. 2.7: Zapojení inteligentních LED WS2812C [2].

Tab. 2.3: Parametry inteligentních LED WS2812C [2]

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 [2], aby LED svítily kontinuálně a nedostal se jim 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

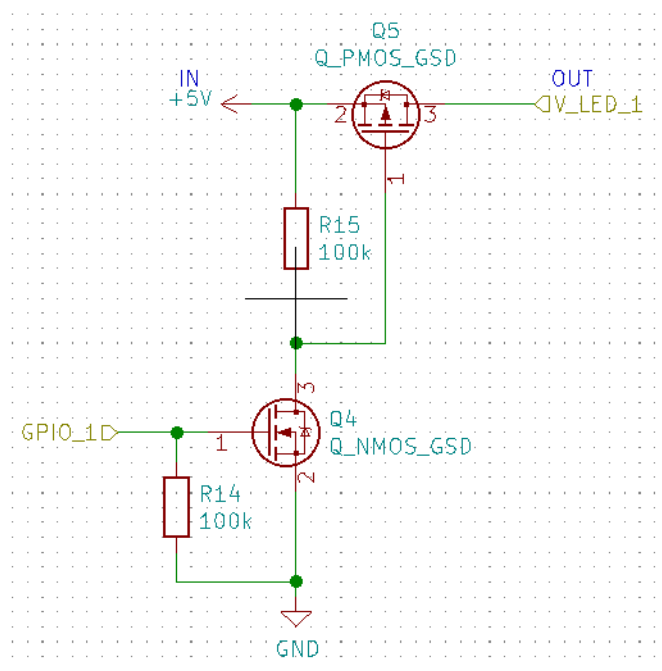
DPS je navrhována pro přenosnou aplikaci, a proto je potřeba zajistit její co nejnížší odběr.

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 čtveřice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení. Do druhé části patří další 3 čtveřice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení. Do třetí části patří poslední 3 čtveřice inteligentních LED z herního pole a z vyhodnocení.

Těmto 3 částem je postupně zapínáno napájecí napětí. Každé části se zapne napájení až pokud se hráč dostane do fáze, kdy danou oblast potřebuje. K zapínání dochází softwarově spínáním GPIO pinem procesoru.

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

Popis funkce zapínání napájení



Obr. 2.8: Obvod pro zapínání napájení pro inteligentní LED.

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

GPIO pin procesoru 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.

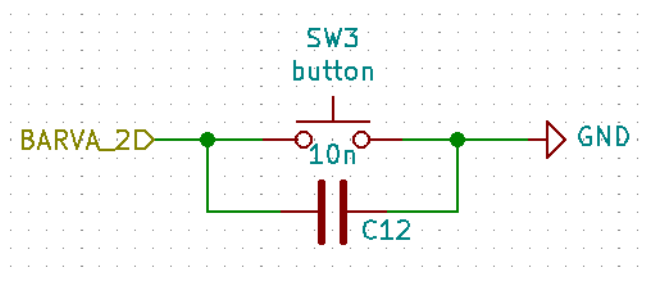
Když je GPIO pin procesoru přepnut do logické 1, tak se tranzistor Q4 otevře. Otevřením tranzistoru Q4 je gate tranzistoru Q5 připojen ke GND a tím se otevře i tranzistor Q5, kterým je sepnuto napájecí napětí dané skupině inteligentních LED.

Rezistor R14 udržuje tranzistor Q4 zavřený při nestandardních stavech pinu procesoru, 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.

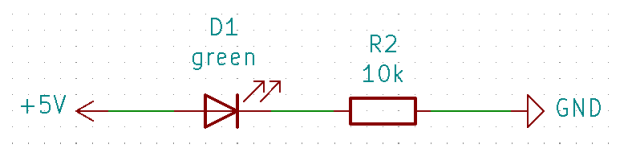
Tlačítka slouží pro ovládání hry. Ke každému tlačítku je připojen kondenzátor o hodnotě 100 nF. Tento kondenzátor slouží pro filtraci zákmitů při zmáčknutí tlačítka. Filtrace se proto nemusí řešit softwarově.



Obr. 2.9: Zapojení tlačítek.

2.7 PowerLED

LED D1 a D2 slouží pro indikaci přítomnosti napájecího napětí. LED D1 indikuje přítomnost napájecího napětí 5 V a LED D2 indikuje přítomnost napájecího napětí 3,3 V.



Obr. 2.10: Zapojení LED pro indikaci napájecího napětí.

3 Popis DPS

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

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.

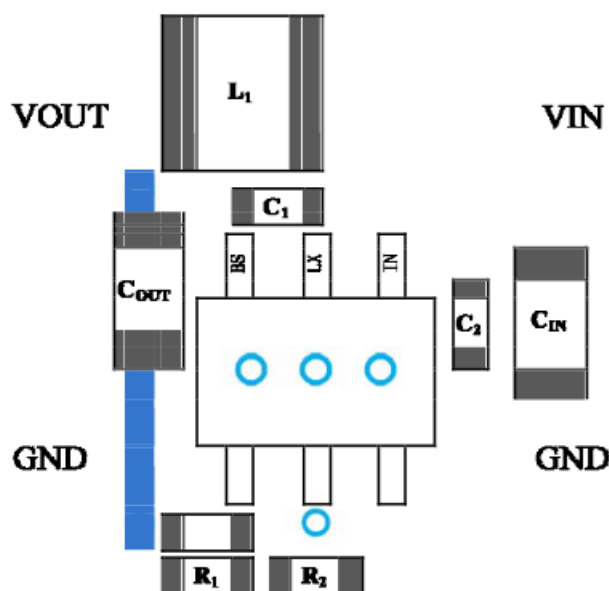
Na vrchní straně jsou umístěny plošky pro osazení SMD součástek, protože firma JLCPCB osazuje pouze SMD součástky a pouze z jedné strany. THT součástky jsou připraveny na ruční pájení.

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 vyrobiť nejtenčí dráhu u čtyřvrstvé DPS 0,09 mm [6]. Aby nebyly použity krajní hodnoty, byla zvolena šířka signálové dráhy 0,150 mm.

Kondenzátory u procesoru ESP32-PICO a u čipu CP2102 musí být umístěny co nejbližší jejich pouzdrů. Tyto kondenzátory slouží pro filtraci šumu na napájení.

Dráhy od USB k čipu CP2102 D+ a D- fungují jako diferenciální pár. Proto musejí být jejich dráhy vedeny vedle sebe a blízko u sebe.

Rozložení součástek k čipu SY8105 na DPS může velmi ovlivnit jeho funkčnost. Rozložení a zapojení stepdownu bylo převzato z datasheetu.



Obr. 3.1: Rozložení součástek kolem čipu SY8105 na DPS [7].

Intelligentní LED WS2812C jsou rozděleny do 3 skupin, aby se hra co nejvíce podobala deskové hře. Intelligentní 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 nejbližší svému pouzdru.

4 Oživení DPS

4.1 v0.0

4.2 v1.0

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. Připojení DPS přes USB k powerbance, nebo do počítače, se rozsvítí LED D1 a D2, které indikují přítomnost napájecího napětí. LED D2 zároveň značí, že stepdown je funkční.

5 Způsob ovládání elektronické hry

První verze je navržena jako hra pro jednoho hráče. Funkci druhého hráče nahrazuje procesor.

Po zapnutí DPS stikneme tlačítko "Nová hra". V této chvíli se vygeneruje zadání, které není vidět, a první herní LED se rozbliká. Rozblikání herní LED značí pozici kurzoru. Kurzorem lze pohybovat pomocí tlačítek "Šipka vpravo" a "Šipka vlevo". Barvy herních LED se nastavují tlačítky ve spodní části DPS. Tato tlačítka jsou označena danými barvami. Po ukončení tahu stiskneme tlačítko "Potvrdit tah". Proběhne vyhodnocení a zobrazí se 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". Při stisku tlačítka "Konec" zhasnou všechny herní, vyhodnocovací LED i LED pro zadání. Poté je DPS připravena pro vypnutí vypínačem.

Závěr

Byla navržena elektronická hra Logic. Tato hra vychází z původní deskové hry.

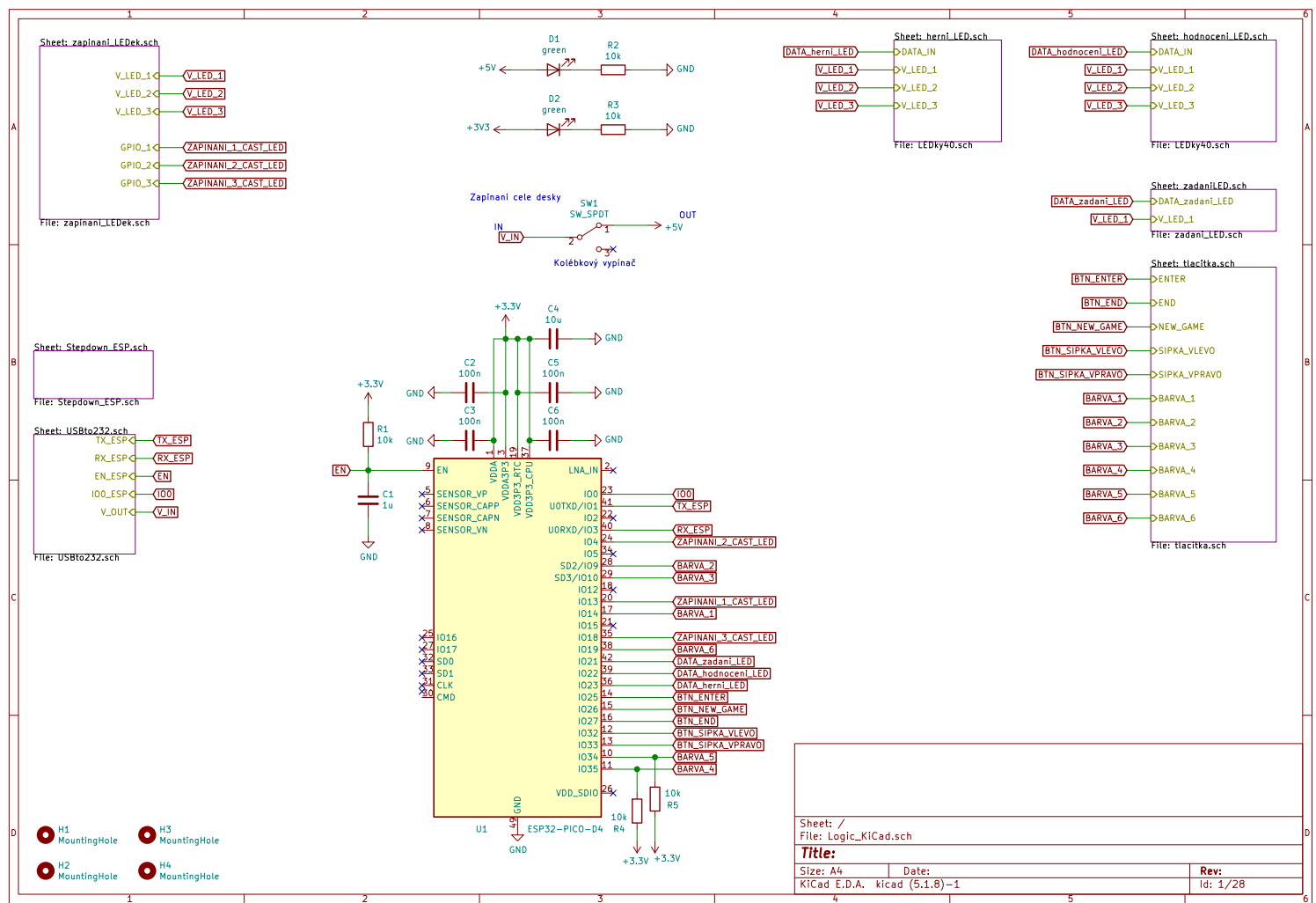
Literatura

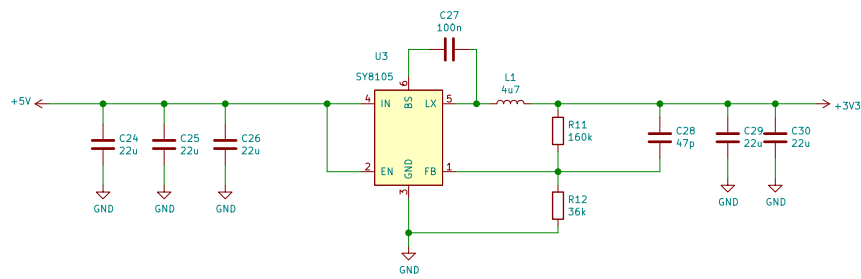
- [1] Klub deskových her Paluba: *Logik pravidla* [cit. 30. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<<http://testapp.hrejsi.cz/logik/pravidla.htm>>.
- [2] Worldsemi: *WS2812C* Poslední aktualizace 06. 12. 2017 [cit. 24. 11. 2020].
Dostupné z URL:
<https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1810231210_Worldsemi-WS2812C_C114587.pdf>.
- [3] Espressif: *ESP32_DevKitC_v4* Poslední aktualizace 06. 12. 2017 [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<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>.
- [5] JLCPCB: *JLCPCB* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<<https://jlcpcb.com/>>.
- [6] JLCPCB: *PCB Capabilities* [cit. 23. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<<https://jlcpcb.com/capabilities/Capabilities>>.
- [7] SILERGY: *Applocation Note:AN_SY8105* [cit. 24. 11. 2020]. Dostupné z URL:
<https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Silergy-Corp-SY8105ADC_C178247.pdf>.
- [8] 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>>.

Seznam symbolů, veličin a zkratk

DPS	Deska plošného spoje
LED	Light Emitting Diode
THT	Through-hole technology (Vývodová technologie součástek)
RX	Reciever (přijímač)
TX	Transciever (vysílač)

Seznam příloh





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

Title:

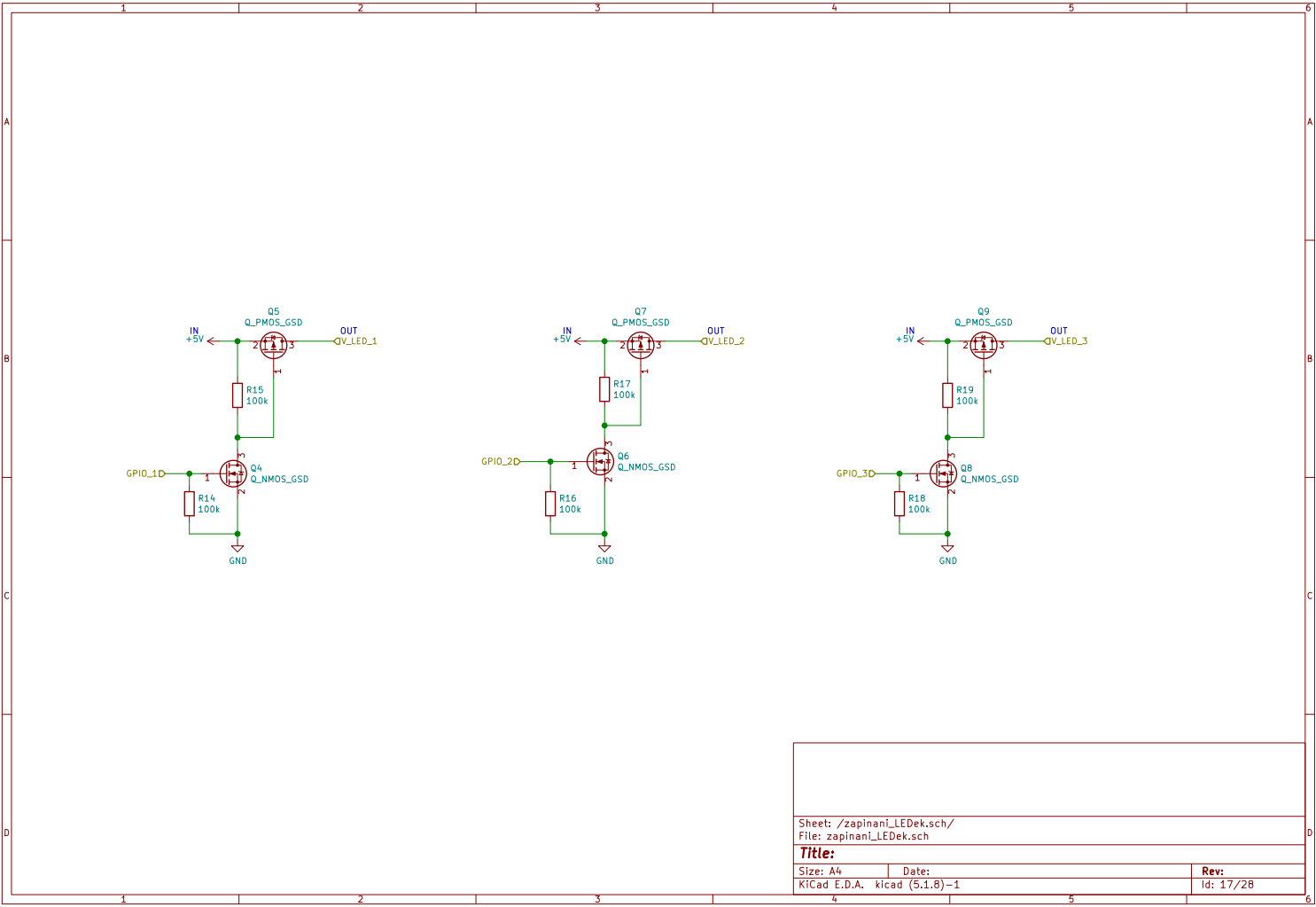
Size: A4
KiCad E.D.A. kicad (5.1.8)-1

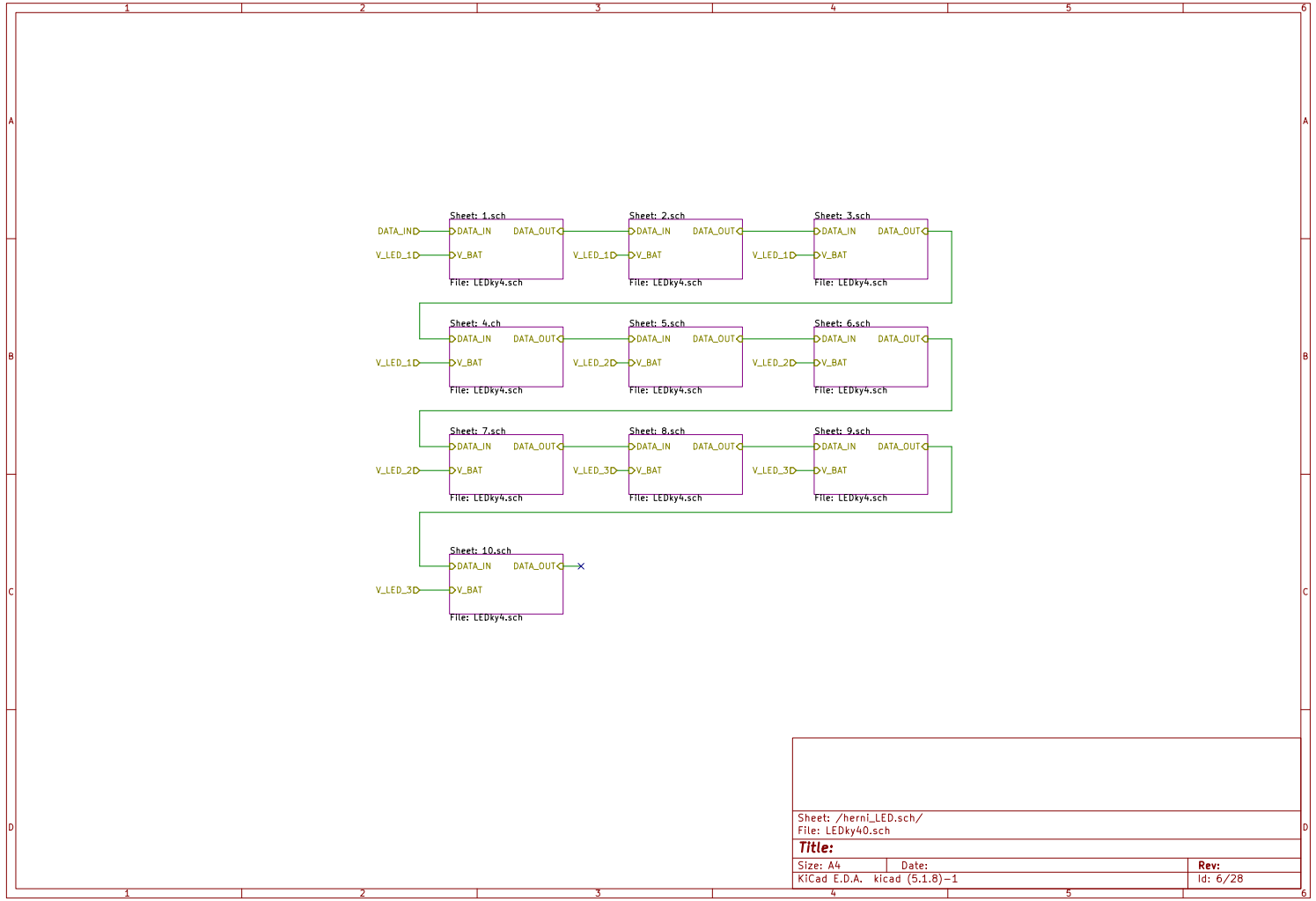
Date:

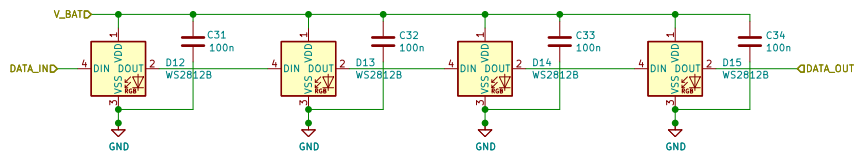
Rev:

Id: 5/28

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







Sheet: /herni_LED.sch/1.sch/
File: LEDky4.sch

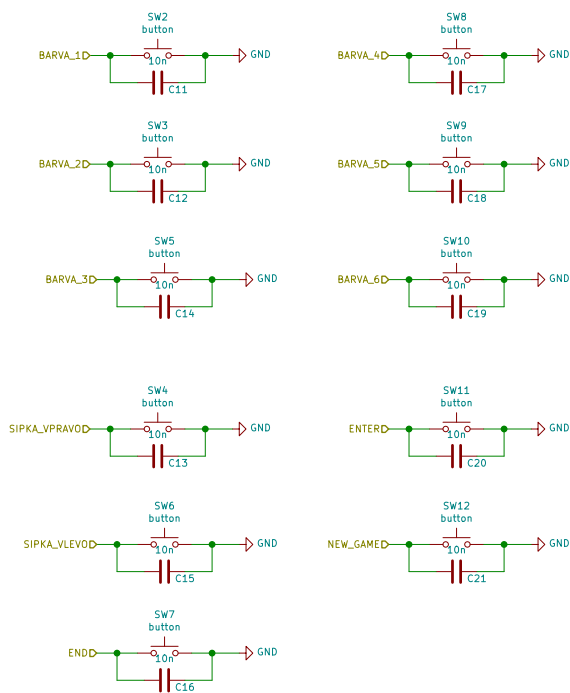
Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. kicad (5.1.8)-1

Date:

Rev:

Id: 7/28



Sheet: /tlacitka.sch/
File: tlacitka.sch

Title:

Size: A4
KiCad E.D.A. kicad (5.1.8)-1

Date:

Rev:

Id: 3/28

