

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Semestrální práce

Z předmětu Praktické programování v C/C++
(B2B99PPC)

Pavol Ňachaj
Skupina 104

Leptací box

2021

Obsah

1 . Úvod.....	1
1.1 . Cíle.....	1
1.1.1 . Cíle Leptacího boxu.....	1
1.1.2 . Cíle Aplikace.....	1
2 . Leptací box.....	3
2.1 . Úvod.....	3
2.2 . Podložka.....	3
2.3 . Misky.....	3
2.4 . Přichycovací mechanismus.....	3
2.5 . Pohyb po ose Z (vertikálně).....	3
2.6 . Pohyb po ose X (horizontálně).....	4
2.7 . Lišta s elektronikou.....	4
2.8 . Mikrokontroler.....	4
2.9 . H-Můstek.....	4
2.10 . Deska.....	4
2.11 . Zdroje napětí.....	4
2.12 . Teploměr.....	5
2.13 . Topné těleso.....	5
3 . Software.....	6
3.1 . Programovací prostředí.....	6
3.2 . QT5.....	6
3.3 . QSerialPort.....	6
3.4 . QComboBox.....	6
3.5 . QPushButton a QSlider.....	6
3.6 . QTimer.....	6
3.7 . QDoubleSpinBox.....	6
3.8 . qcustomplot.....	7
3.9 . Grafické knihovny.....	7
3.10 . Ostatní použité knihovny.....	7
4 . Praktická ukázka.....	8
4.1 . Video.....	8
4.2 . Aktualizace aplikace k 23.7.2021.....	8
5 . Závěr.....	8
6 . Literatura.....	9
7 . Přílohy:.....	12
7.1 . Schéma zapojení Leptacího boxu.....	12
7.1.1 . Schema zapojení.....	13
7.1.2 . Deska.....	14
7.1.3 . Podložka.....	15
7.2 . Obraz Aplikace z 23.07.2021.....	16

1 . Úvod

Rozhodl jsem se, že si postavím Leptací box. Leptací box bude leptat plošné spoje a budu ho moct dálkově řídit. Uvnitř bude miska s leptací kapalinou Chlorid železitý (FeCl_3) [1] a s vodou pro odstranění leptací kapaliny. Využil jsem k tomu semestrální práci z předmětu B2B99PPC v druhém semestru.

1.1 . Cíle

1.1.1 . Cíle Leptacího boxu

- Uvnitř boxu bude mechanismus, který bude schopen přesunout oboustranný leptaný plošný spoj mezi miskami.
 - oboustranný plošný spoj znamená, že měděná vrstva je na obou stranách plastové desky.
- Zajištění ohřevu kapalin. Ideální teplota je kolem 40°C . [3]
- Zajištění promíchávání leptací směsi pro zefektivnění leptání. Pro odplavení nyní už FeCl_2 , který zreagoval s mědí a tím zvýšil koncentraci FeCl_3 na povrchu leptané plochy. [3]
- Podsvícení misek a možnost je přesvítit, pro odhad stavu vyleptaného plošného spoje.
- Měření teploty kapaliny s leptadlem.

1.1.2 . Cíle Aplikace

- Informovat o:
 - teplotě misky
 - detekci připojeného zařízení jako Leptací box

- Regulovat:
 - Pohyb ramene s plošným spojem ve dvou osách (x, z), umožňující ponoření plošného spoje do kapaliny a pohyb plošného spoje mezi miskami.
 - Zapnout/vypnout promíchávání kapaliny pomocí vibrací.
 - Regulace podsvícení
 - Regulace teploty misky s možností vypnutí ohřevu po dosažení maximální teploty.
 - Predikovat vývoj teploty v grafu.

2 . Leptací box

2.1 . Úvod

Jako základ jsem použil nefunkční tiskárnu EPSON SX425W [2], kterou jsem rozebral a upravil pro potřeby projektu. Tím myslím vyrobení velkého prostoru uvnitř. Z původní tiskárny jsem ponechal box a lištu s motorem, po které se pohyboval jezdec s tiskovými hlavami.

Po odstranění všech úchytů a vrstev ode dna až po skenovací sklo, se objevil dostatečný prostor pro podložku, misky s kapalinou a mechanismus manipulující s plošným spojem.

2.2 . Podložka

Podložka obsahuje LED moduly [4] pro podsvícení misek, konektory k topným tělesům a I2C konektor pro infračervený senzor teploty [5]. Pro uspořádání konstrukce jsem použil Univerzální plošné spoje [6] a komponenty stavebnice Totem Maker [12]. Jejich schéma je v příloze.

2.3 . Misky

Pro kapaliny používám misky z „hotových jídel“ z řetězce Lidl (Řadu produktů jako například [10]). Jejich výhodou je průhlednost a nízká cena. Dlouhodobými experimenty jsem se přesvědčil, že materiál misek je odolný vůči leptacímu roztoku.

2.4 . Přichycovací mechanismus

Přichycovací mechanismus je vyroben pomocí 3D tisku, kde jsem komponenty navrhl pomocí programu OpenSCAD [11]. Navrhl jsem několik variací uchycení.

Návrhy jsou v: „seminarni_prace_leptaci_box\OpenSCAD“.

2.5 . Pohyb po ose Z (vertikálně)

Pro vertikální pohyb přichycovacího mechanismu jsem použil část CD rom s krokovým motorem. Systém držení plošného spoje je připevněn na mechanismus jezdce, kde byla čtečka dat z CD.

Krokový motor je ovládán přes Arduino pomocí H-můstku. Celá konstrukce pohyblivých částí osy Z je z CD rom.

2.6 . Pohyb po ose X (horizontálně)

Zde jsem použil původní mechanismus z původní tiskárny. S lištou a její polohou, motorem pohybujícím jezdce, mechanismem pro pohyb jezdce a motor jsem nechal původní. Jezdec jsem pomocí Totemu [12] upravil tak, abych byl schopen spojit s konstrukcí CD rom.

2.7 . Lišta s elektronikou

Na lištu z původní tiskárny jsem zezadu připevnil plastovou lištu z Totemu [12], kde jsem umístil veškerou elektroniku.

Schémi můžete najít v příloze nebo v „seminarni_prace_leptaci_box\Dokumentace\Schema“.

2.8 . Mikrokontroler

Jako Mikrokontrolér řídící celý Leptací box jsem si zvolil Arduino Nano[13], díky dobré zkušenosti s tímto mikrokontrolérem. Program můžete najít v „seminarni_prace_leptaci_box\programovani\DriverArduino“.

2.9 . H-Můstek

H-můstek je komponent, který umožňuje řídit Motory [7].

2.10 . Deska

Při výrobě této desky jsem vycházel z projektu [14]. Schéma, které odpovídá zapojení desky v Leptacím boxu, je v příloze.

Deska zajišťuje regulaci podsvícení a ohřev kapalin v miskách. Lze v budoucnu přidat i osvětlení celého boxu.

2.11 . Zdroje napětí

Zdroje napětí jsem umístil do krabičky, ve které byl původní zdroj, který ovšem byl naprosto nevyhovující pro aplikování v projektu, proto jsem to nahradil dvěma zdroji.

- 5V 2A 10W [8]
- 12V 1,5A 18W [9]

2.12 . Teploměr

Jako teploměr kapaliny jsem použil Infračervený teploměr MLX90614ESF-BAA [5], kvůli extrémnímu prostředí, ve kterém se nachází a kvůli leptacímu roztoku nejde měřit teplota kapaliny přímo dotykově.

2.13 . Topné těleso

Nenašel jsem žádné vhodné topné těleso, které by bylo vhodné do leptací kapaliny. Proto jsem použil drátový rezistor[15], který jsem obalil do elektrikářské samosmršťovací bužírky[16]. Bohužel tento odolný materiál není dokonalý tepelný vodič, a proto tepelný účinek na ohřev kapaliny není dostatečně rychlý, jak by bylo ideální. Žádnou vhodnější alternativu jsem nenašel.

3 . Software

Pokud není uvedeno jinak, čerpáno z QT5[19].

3.1 . Programovací prostředí

Programoval jsem to v QT[18] pomocí Visual Studio Code[17]

3.2 . QT5

Pro programování jsem použil QT5[19], protože obsahuje podporu pro knihovnu QSerialPort[20]. V průběhu vývoje byla vydaná QT 6.2 s podporou QSerialPort[22], ale já jsem už zůstal u QT5.

3.3 . QSerialPort

QSerialPort [20] používám k navázání seriálové komunikace. Pomocí této knihovny získávám seznam portu. Inicializuji komunikaci s Arduinem[21] v „main.c“ a komunikuji ve své knihovně „protokolKomunikace.h“.

3.4 . QComboBox

ComboBox používám k výběru daného portu.

3.5 . QPushButton a QSlider

Pomocí signálu „QPushButton::clicked“ a „QSlider::valueChanged“ mám obsažené všechny funkcionality programu, co se týká řízení Leptacího boxu a nastavení aplikace.

3.6 . QTimer

Pomocí signálu „QTimer::timeout“ se aktualizují data o teplotách a o ohřevu. Následně se provedou úkony k jejich vizualizaci na indikátorech, grafu a proměnných textech.

3.7 . QDoubleSpinBox

Používá se pro nastavení teploty, při které je automaticky ohřev vypnut.

3.8 . qcustomplot

Použito z materiálů z výuky [23]. Vykresluje graf s historií teploty kapaliny misky A i s její predikací.

3.9 . Grafické knihovny

- QHBoxLayout
- QVBoxLayout
- QLabel
- QFont
- QGridLayout – Pro rozmístění QPushButton v joysticku.
- QFrame – Oddělovací čáry mezi částí programu.

3.10 . Ostatní použité knihovny

- QApplication
- QDebug
- QString
- QByteArray – Nutné pro práci s QSerialPort.
- QObject
- QThread – Uspání vlákna před zahájením komunikace, aby se Arduino mělo čas připravit.
- qmath.h

4 . Praktická ukázka

4.1 . Video

Odkaz na video: https://youtu.be/_YVxW2yeHDs [24].

4.2 . Aktualizace aplikace k 23.7.2021

Obraz programu z 23.07.2021 je v příloze „Obraz Aplikace z 23.07.2021.“

5 . Důvody použitých komponentů

5.1 . Finanční stránka

Při realizaci projektu jsem se rozhodl použít již nefunkční tiskárnu a CD rom, abych výrazně snížil cenu projektu.

Co se týče mechanických komponentů, použil jsem to, co jsem měl k dispozici.

Alternativa k původnímu jezdcí s lištou a motorem je například [25] s [26] za přibližně 1300Kč.

Alternativu k CD rom jsem našel motor se závitem [28] bez další konstrukce za 178Kč nebo vhodný mechanismus [29] za 2500Kč.

Co se týče konstrukce, tak bych cenu dílů Totem[19] odhadl na 100Kč. Alternativu k možnostem tiskárny jsem nenašel. Každopádně by se cena pohybovala dohromady v tisících korunách.

Co se týče elektroniky [4],[5],[6],[7],[8],[9],[15],[16], klon [13] a další, tak ta stála přibližně 900kč. Všechnu elektroniku jsem nakoupil.

Co se týče komponentů vytisknutých na 3D tiskárně, tak jsem nenašel vhodnou alternativu ke komponentům, které jsem si nechal vytisknout.

5.2 . Výhody

Použitím bezcenné tiskárny jsem získal mechanismus pohybu po ose x, box s možností přístupu ze předu, ze hora a bezproblémovým uzavřením boxu s průhledný stropem.

Použitím CD rom jsem získal pohybující mechanismus na ose z.

5.3 . Vývoj

Co se týče ohřevu kapaliny, tak zde je prostor pro vývoj. Alternativu k mému řešení s drátovým rezistorem[15] a bužírce [16] jsem nenašel, kvůli absenci topných těles s jiným povrchem než kov.

V budoucnu možný přechod řízení místo USB přes Wifi / Bluetooth.

6 . Závěr

Podařilo se mi úspěšně využít do projektu nefunkční tiskárnu a CD rom. Tím jsem ušetřil jak peníze, tak životní prostředí tím, že nebude nutné recyklovat materiály, které jsem díky tomu nenakoupil, nepřepravil... U boxu z tiskárny jsem navíc získal funkcionality, které by se mi obtížně vyráběly.

Aplikace je formátována na výšku, kvůli možnosti v budoucnu přejít na bezdrátovou komunikaci a tím umožnit pohodlný přestup na mobilní aplikaci.

Myslím si, že se mi projekt vydařil.

7 . Literatura

- [1] MACHINING, Chemical. *Chemické obrábění: Používaná rozpouštědla* [online]. Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie, 2018 [cit. 2021-7-19]. Dostupné z:
https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/79561/F2-BP-2018-Faltejsek-Jakub-BP_s_formatovanim.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Bakalařská práce. Fakulta Strojní CVUT. Vedoucí práce Ing. Pavel NOVÁK, Ph.D.
- [2] Epson Stylus SX425W. *EPSON* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z:
<https://www.epson.cz/products/printers/inkjet-printers/for-home/epson-stylus-sx425w>
- [3] Chlorid zelezity. *MCUforum* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z:
http://mcu.cz/forum_m/showthread.php?tid=56&
- [4] LED modul 1,2W/12V 100lm studená bílá, 2x SMD2835 IP65 SEM-S27CW. *GME* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/led-modul-vodotesny-2x-led-studena-bila-54x18mm-ip65>
- [5] Infračervený teploměr MLX90614ESF-BAA. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/infracerven-y-teplomer-mlx90614esf-baa/>
- [6] 50x70mm PCB prototypová deska. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/50x70mm-pcb-prototypova-deska/>
- [7] H-můstek L9110S, dvoumotorový modul. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/h-mustek-radic-l9110s/>
- [8] DK112 napájecí 230V AC-DC zdroj 5V/2A, izolovaný. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/ac-dc-izolovany-zdroj-dk112-5v-2a/>

- [9] DK112 napájecí 230V AC-DC zdroj 12V/1.5A, izolovaný. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/ac-dc-izolovany-zdroj-dk112-12v-1-5a/>
- [10] Lidl rozšiřuje sortiment hotových jídel. *MediaGuru.cz* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.mediaguru.cz/clanky/2020/05/lidl-rozsiruje-sortiment-hotovych-jidel/>
- [11] *OpenSCAD* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://openscad.org/>
- [12] *Totem* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://totemmaker.net/>
- [13] Arduino Nano. : *ARDUINO STORE* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/arduino-nano>
- [14] Transistors With Arduino (BJT) - BC547 TIP120. *Instructables* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/Transistors-With-Arduino-BJT-BC547-TIP120/>
- [15] Drátový rezistor THT v keramice RD 27R 10W 5%. *GME* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/rd-27r-10w-5>
- [16] Smršťovací bužírka 6.4mm, 2:1, černá K32-6 black. *GME* [online]. [cit. 2021-7-19]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/smrstovaci-buzirka-kss-f0927f-6>
- [17] *Visual Studio Code* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://code.visualstudio.com/>
- [18] *QT* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://www.qt.io/>
- [19] Qt 5.15. *QT* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://doc.qt.io/qt-5/>
- [20] Qt Serial Port. *QT* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://doc.qt.io/qt-5/qtserialport-index.html>

- [21] Sending a data to Arduino through serial port using Qt. *QT Forum* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://forum.qt.io/topic/64696/sending-a-data-to-arduino-through-serial-port-using-qt>
- [22] Qt Serial Port. *QT* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: <https://doc-snapshots.qt.io/qt6-dev/qtserialport-index.html>
- [23] Ppc/tutorials/tut12/02-covid. *GitLab* [online]. [cit. 2021-7-23]. Dostupné z: [git@gitlab.fel.cvut.cz:viteks/ppc.git](https://gitlab.fel.cvut.cz/viteks/ppc.git) ;
<https://gitlab.fel.cvut.cz/viteks/ppc/-/tree/master/tutorials/tut12/02-covid>
- [24] Prakticka ukazka Leptaci Box. *YouTube* [online]. 2021 [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: https://youtu.be/_YVxW2yeHDs
- [25] Sada Machifit pro lineární pohyb 400 mm. *GME* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/sada-machifit-pro-linearni-pohyb-400-mm>
- [26] DC motor krokový 5V/2A pro tiskárny Nema 17. *GME* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/krokovy-motor-nema-17>
- [27] Plastová deska "Guttagliss Hobbycolor", bílá, 50 cm x 150 cm. *OBI* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://www.obic.cz/plastove-stresni-krytiny/plastova-deska-guttagliss-hobbycolor-bila-50-cm-x-150-cm/p/2991693>
- [28] GA12-N20 motor s převodovkou 12V 500RPM se šnekem M4x55mm. *Laskarduino* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://www.laskarduino.cz/ga12-n20-motor-s-prevodovkou-12v-500rpm-se-snekem-m4x55mm/>
- [29] Prizmatický lineární pojezd 100mm s kuličkovým šoubem a krokovým motorem. *Postav Robota* [online]. [cit. 2021-7-24]. Dostupné z: <https://www.postavrobota.cz/Prizmaticky-linearni-pojezd-100mm-s-kulickovym-soubem-a-krokovym-motorem-d1948.htm>

8 . Přílohy:

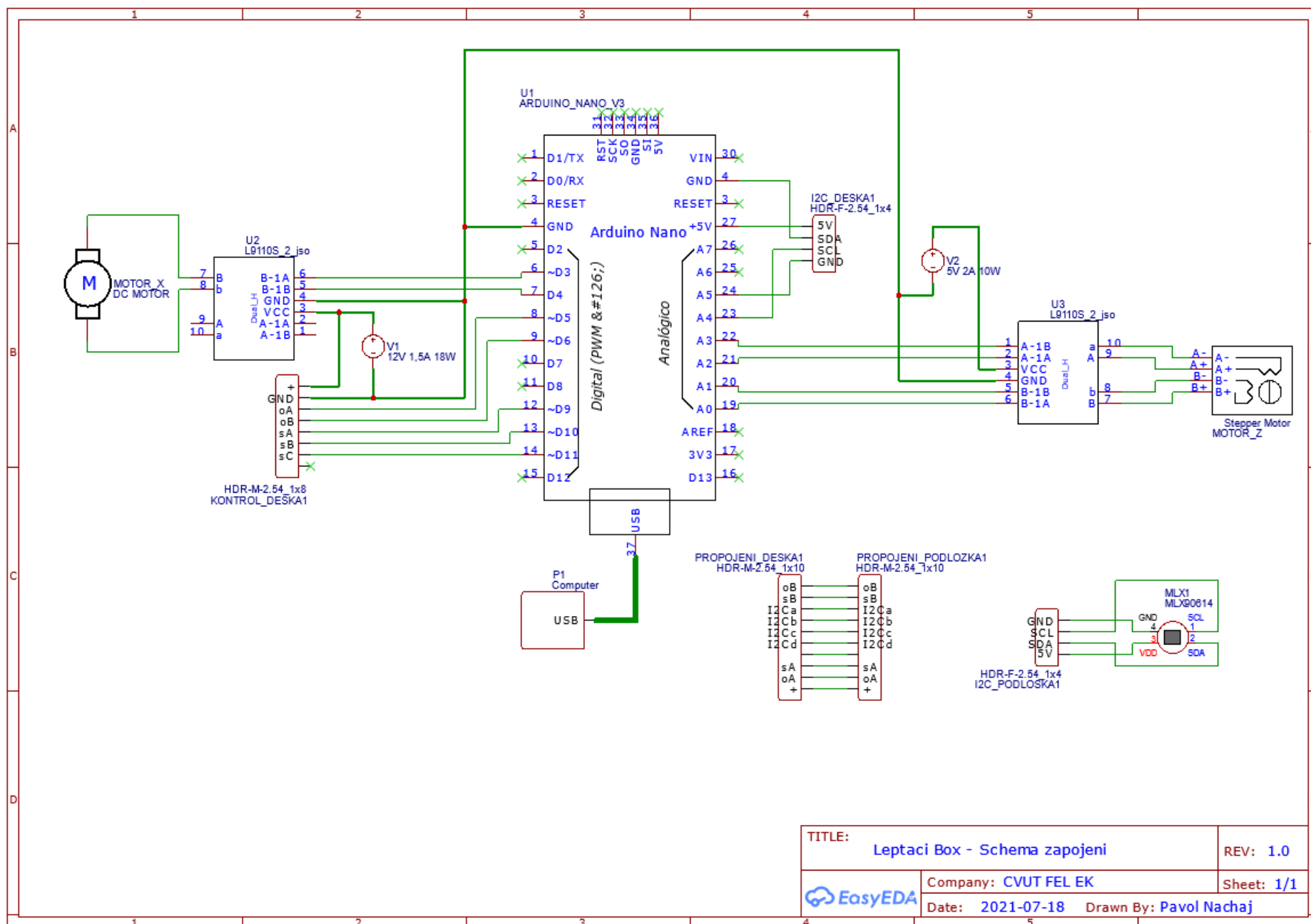
Seznam příloh

8 . Přílohy:.....	14
8.1 . Schéma zapojení Leptacího boxu.....	14
8.1.1 . Schema zapojeni.....	15
8.1.2 . Deska.....	16
8.1.3 . Podložka.....	17
8.2 . Obraz Aplikace z 23.07.2021.....	18

8.1 . Schéma zapojení Leptacího boxu

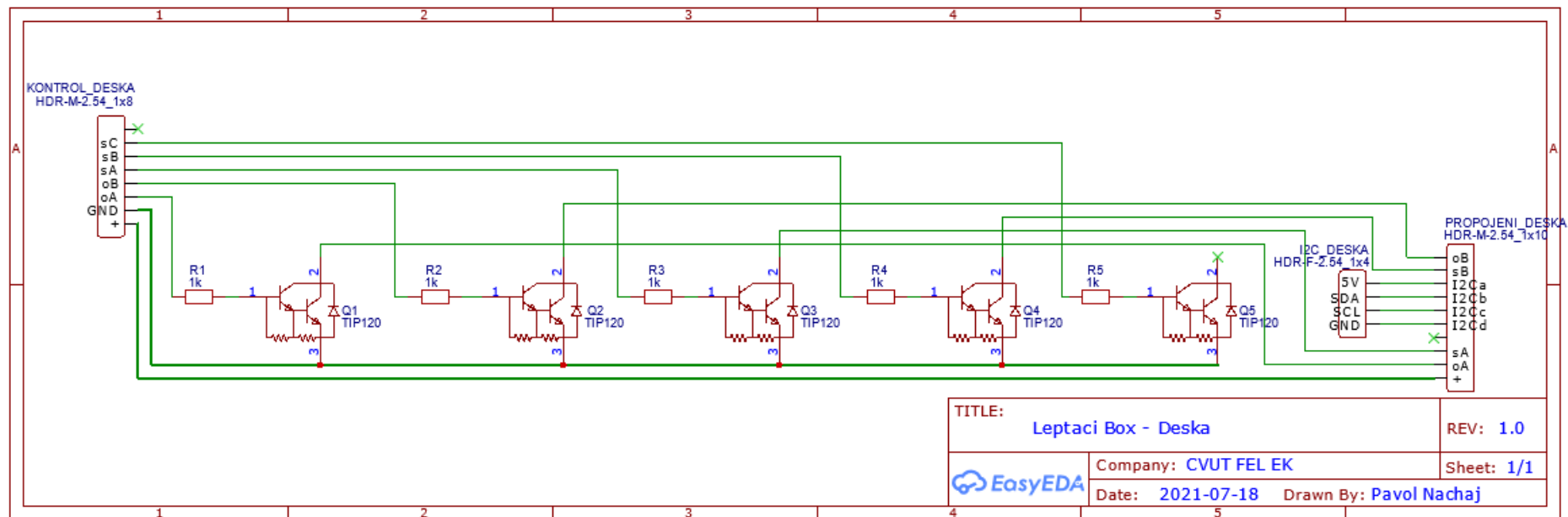
- Schema zapojeni – Ukazuje propojení všech komponentů.
- Deska – Je schéma desky, kterou jsme vyrobil.
- Podložka – Je zapojení podložky.

8.1.1 . Schema zapojeni

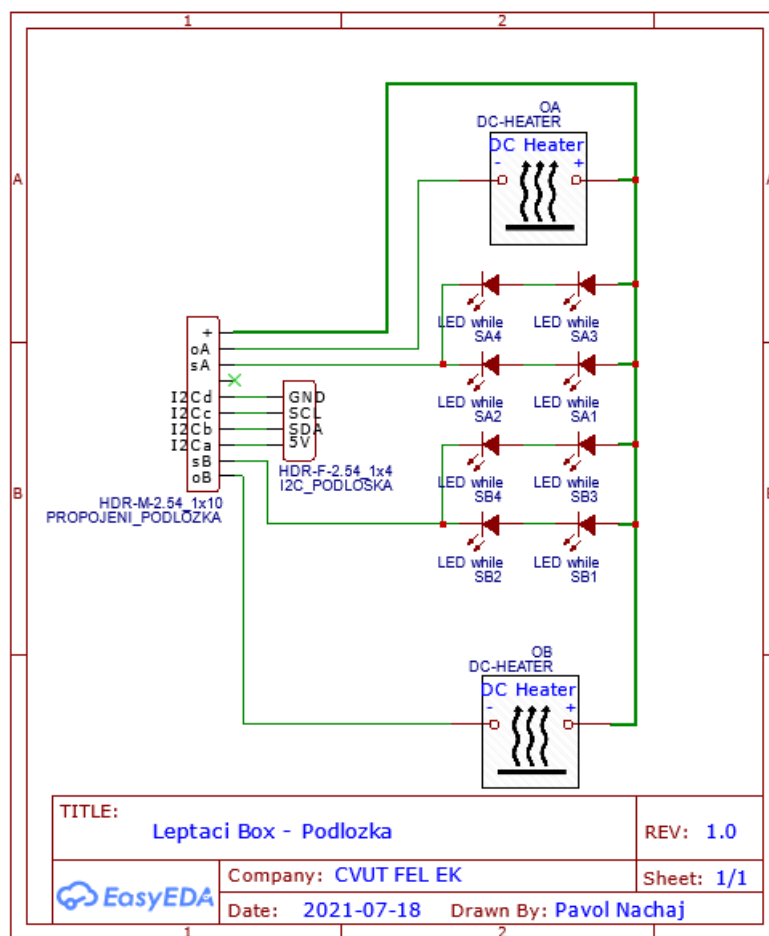


TITLE: Leptaci Box - Schema zapojeni		REV: 1.0
Company: CVUT FEL EK		Sheet: 1/1
Date: 2021-07-18		Drawn By: Pavol Nachaj

8.1.2 . Deska



8.1.3 . Podložka



8.2 . Obraz Aplikace z 23.07.2021

AppDriverBete

Vyber portu: Aktualizovat seznam Vyber

Stav: Nebyl vybrán žádný port.

Joysticky pro ovládání ramene:

Miska A: Nastav maximální teplotu:

Regulace podsvícení

Teplota: 

Teplota v grafu Namerena teplota Predikovaná teplota



Ohrev: ???????

Miska B:

Regulace podsvícení

Ohrev: ???????

Teplota uvnitř boxu:

