

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Bakalářská práce

Bezdrátové ovládací zařízení výrobních strojů

Ondřej KleinhampI

č.: BP0294

r.: 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kleinhampfl**

Jméno: **Ondřej**

Osobní číslo: **509175**

Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**

Zadávací katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**

Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**

Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Bezdrátové ovládací zařízení výrobních strojů

Název bakalářské práce anglicky:

Wireless control device for production machines

Pokyny pro vypracování:

Popis tématu: Moderní výrobní stroje a zařízení jsou vybavovány elektronickými ovládacími panely a obrazovkami s integrovanými bezpečnostními funkcemi (tzv. safety funkce, např. tlačítko nouzového zastavení). Ty jsou většinou propojeny s řídicím systémem pomocí kabelu, který však u přenosných ovladačů značně omezuje komfort jejich používání. To je významné zejména u větších strojů. Hlavním úkolem práce je koncepčním návrh bezdrátového mobilního ovladače vybaveného základními i bezpečnostními funkcemi pro automatizační zařízení a výrobní stroje splňující požadavky kategorie 3 dle EN ISO 13849-1. Součástí je rešerše v oblasti přenosu bezpečnostních signálů pomocí bezdrátové komunikace a výběr hlavních komponent ovladače. Osnova práce: Rešerše v oblasti ručních ovladačů vybavených bezpečnostními funkcemi (včetně bezdrátových). Výběr hlavních komponent ovladače vhodných pro bezdrátovou komunikaci včetně bezpečnostních funkcí. Koncepční návrh ovladače pro ruční řízení robotu/stroje. Rozsah grafické části: Koncepční schéma systému. Rozsah textové části: 40 - 60 stran.

Seznam doporučené literatury:

Norma EN ISO 13849-1;

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jiří Švéda, Ph.D. ústav výrobních strojů a zařízení FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Štěpán Chládek, Ph.D. ústav výrobních strojů a zařízení FS

Datum zadání bakalářské práce: **10.04.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.05.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: **24.09.2024**

Ing. Jiří Švéda, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT v Praze O dodržování etických principů při přípravě vysoko-školských závěrečných prací v aktuálním znění.

Dále prohlašuji, že v případě použití při tvorbě obsahu diplomové práce prostředků umělé inteligence jsem postupoval dle metodického pokynu ČVUT v Praze Rámcová pravidla používání umělé inteligence na ČVUT pro studijní a pedagogické účely v Bc a NM studiu a zahrnul tyto prostředky do použitých informačních zdrojů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 20. 5. 2024

.....

Ondřej Kleinhampl

Poděkování

Na začátek bych rád poděkoval své rodině za významnou podporu během let studia, díky kterým jsem dostal až do této závěrečné fáze. Děkuji tímto také své přítelkyni, která pravidelně snášela mé neustálé otázky na pravopis.

Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu, panu Ing. Jiřímu Švédovi, Ph.D. za přínosné konzultace a odborné vedení této bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

- Autor:* Ondřej Kleinhampl
- Název práce:* Bezdrátové ovládací zařízení výrobních strojů
- Rok vydání:* 2024
- Rozsah práce:* 56 str., 41 obr.
- Škola:* ČVUT v Praze, Fakulta strojní
- Ústav:* Ústav výrobních strojů a zařízení
- Vedoucí práce:* Ing. Jiří Švéda, Ph.D.
- Konzultant práce:* Ing. Štěpán Chládek, Ph.D.
- Klíčová slova:* bezdrátové ovládání, bezpečnostní funkce, norma EN ISO 13849-1, tlačítko nouzového zastavení, potvrzovací spínač
- Abstrakt:* Bakalářská práce se zabývá návrhem bezdrátového ovládání s integrovanými bezpečnostními funkcemi nouzového zastavení a potvrzovacím spínačem. Na začátku je provedena rešerše v oblasti přenosu bezpečnostních signálů. Poté jsou rozebrány již existující řešení v oblasti ručních ovladačů vybavených bezpečnostními funkcemi. V praktické části je uveden postup při vytváření ovladače a příslušná schémata zapojení.

ANNOTATION SHEET BACHELOR'S THESIS

Thesis author: Ondřej Kleinhampl

Thesis title : Wireless control device for production machines

Year of publication: 2024

Thesis extent: 56 p., 41 fig.

University: CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering

Department: Department of production machines

Thesis supervisor: Ing. Jiří Švéda, Ph.D.

Thesis consultant: Ing. Štěpán Chládek, Ph.D.

Key words: wireless controller, safety functions, standard EN ISO 13849-1, emergency stop button, dead man's switch

Abstract: The aim of the bachelor thesis is to design a wireless control device with integrated safety functions like emergency stop button and dead man's switch. It starts with a brief investigation in the sector of safety signal transmission. Then, it addresses current applications and installations for other solutions focused on wireless handheld controllers with safety functions. Afterwards, the creation of the wireless controller model and the electronic diagrams are covered.

Seznam zkratek

zkratka	význam
PLC	Programmable Logic Controller
ČSN	Československá norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
ČTÚ	Český telekomunikační úřad
IDE	Integrated Development Enviroment
GND	Ground
CIIRC	Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky
KUKA	Keller und Knappich Augsburg
CT	Computed Tomography
MRI	Magnetic Resonance Imaging
E-stop	Emergency stop button
DMS	Dead man's switch
USB	Universal Serial Bus

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce	11
3	Přenos bezpečnostních signálů	12
3.1	Norma ČSN EN ISO 13849-1	13
3.2	Bezdrátová komunikace	13
3.2.1	Wi-Fi	13
3.2.2	Bluetooth	14
3.2.3	ZigBee	14
3.2.4	Volné frekvence	14
4	Ruční ovladače vybavené bezpečnostními funkcemi	15
4.1	Ruční ovladač firmy KUKA	15
4.2	Ruční ovladač uFRAME	16
4.3	Ruční ovladače firmy Siemens	17
4.4	Elektrický ruční ovladač firmy Heidenhien	18
5	Koncepční schéma dálkového ovládání	20
5.1	Základní požadavky	20
5.2	Popis koncepčního schéma	21
6	Výběr hlavních komponent	22
6.1	Tlačítko nouzového zastavení	22
6.1.1	Tyro Remotes (E-stop)	23
6.1.2	Kar-Tech (E-stop)	24
6.1.3	FORT Robotics	25
6.2	Potvrzovací spínač	26
6.2.1	Tyro Remotes (DMS)	27
6.2.2	Kar-Tech (DMS)	27
6.3	Převodní deska	28
6.4	Tablet	29
6.5	Hardwarová klávesnice	30
6.6	Shrnutí vybraných komponentů	31

7	Vytvoření 3D modelu dálkového ovládání	32
7.1	Modely hlavních komponent	32
7.2	Návrh obalu	34
7.2.1	Pozice hlavních komponentů	34
7.2.2	Základní tvar obalu	35
7.2.3	První způsob řešení společného napájení	37
7.2.4	Druhý způsob řešení společného napájení	38
7.2.5	Ergonomické prvky a zaoblení hran dálkového ovládání	40
7.3	Dokovací stanice	42
7.3.1	Dokovací stanice na vodorovnou plochu	43
7.3.2	Dokovací stanice pro uchycení na zeď	44
8	Posouzení ergonomie	46
9	Schéma zapojení	48
9.1	Zapojení převodní desky a klávesnice	48
9.2	Schéma zapojení napájecího konektoru	49
10	Závěr	50
	Seznamy	52
	Seznam použité literatury	52
	Seznam použitého softwaru	54
	Seznam obrázků	54
	Seznam příloh	56

1 Úvod

S vývojem moderní technologie jsou čím dál tím více kladeny požadavky na zjednodušení a ulehčení ovladatelnosti výrobních strojů a zařízení. Dnes je možné již řadu z nich ovládat pomocí chytrého tabletu, nebo mobilního telefonu, což značně zvyšuje komfort při obsluhování stroje. Tyto bezdrátové ovladače mají ale jednu značnou nevýhodu, oproti klasickým ručním ovladačům spojených fyzicky se strojem prostřednictvím kabelu, neobsahují bezpečnostní funkce. Z toho důvodu je v rámci práce navržen bezdrátový ovladač s již integrovanými bezpečnostními funkcemi nouzového zastavení.

Teoretická část práce zahrnuje popis přenosu bezpečnostních signálů dle normy ČSN EN ISO 13849-1 pomocí bezdrátové komunikace. Následuje úvod do problematiky bezdrátové komunikace a analýza jednotlivých možností. Dále je provedena rešerše stávajících řešení v podobě ručních ovladačů vybavených bezpečnostními funkcemi.

V praktické části je nejprve navrženo koncepční schéma dálkového ovládání spolu s uvedením základních požadavků pro jeho konstrukci. Výběr hlavních komponent obsahuje seskupení dostupných řešení na trhu, v podobě bezdrátového tlačítka nouzového zastavení, potvrzovacího spínače, převodní desky, tabletu a hardwarové klávesnice. Následuje kapitola o vytvoření kompletního 3D modelu, ve které je krok za krokem popsán postup při tvorbě obalu pro zakomponování všech hlavních komponent. Pro vytvořené dálkové ovládání je poté vymodelována dokovací stanice sloužící k jeho napájení. V poslední kapitole je popsán princip a schémata zapojení jednotlivých vodičů.

2 Cíl práce

Cílem práce je uvést problematiku bezdrátového přenosu bezpečnostních signálů dle normy ČSN EN ISO 13849-1. Provést rešerši v oblasti ručních ovladačů vybavených bezpečnostními funkcemi a seznámit se s jejich koncepcí. Podle poznatků z rešerše a vznesených požadavků vypracovat koncepční schéma celého dálkové ovládání, které zahrnuje použití hlavních komponentů a hrubé zobrazení jejich vzájemného propojení. Dále vypsát některé dostupné varianty všech hlavních komponentů a provést jejich parametrické porovnání. Mezi hlavní komponenty se například řadí tlačítko nouzového zastavení a potvrzovací spínač, které spadají pod kategorii bezpečnostních funkcí a podléhají normě ČSN EN ISO 13849-1. Ty jsou svým významem ze všech komponentů nejdůležitější a na jejich výběr je proto kladen zvláštní důraz. Funkce ostatních hlavních komponentů nejsou z hlediska bezpečnosti zásadní, avšak jejich správné fungování je pro finální dálkové ovládání důležité, proto i u nich bude sepsáno porovnání jednotlivých možností a vybrána ta nejrozzumnější.

V bakalářské práci bude vytvořen 3D model dálkového ovládání. To zahrnuje vymodelování věrných podob vybraných hlavních komponentů. Dle rešerše v oblasti ručních ovladačů také napozicování jednotlivých komponentů pro vytvoření uživatelsky přívětivého rozhraní. Dále je nutné navrhnout obal, do kterého se vše bezpečně usadí a vyřešit společné napájení skrze dokovací stanici. Na ovladači též vymyslet ergonomické prvky, které svojí funkcí značně přispějí k pohodlné manipulaci. Ke konečnému modelu dodat výkresovou dokumentaci v podobě výkresu celé sestavy dálkového ovládání. Součástí práce bude návrh schémat zapojení v samotném dálkovém ovládání. Na závěr dosavadní práci zrealizovat pomocí 3D tisku, a to ve formě vytištění hlavních komponent, obalu a dokovací stanice. Na závěr do vytištěného obalu uložit hlavní komponenty a vytvořit tak reálný model dálkového ovládání s integrovanými základními i bezpečnostními funkcemi.

3 Přenos bezpečnostních signálů

Pod pojmem „přenos bezpečnostních signálů“ se rozumí přenos takových signálů, které jsou svým významem důležité a jejichž narušení by mohlo vést (v oblasti průmyslu) například k újmě na zdraví, nebo poškození majetku. Aby k přerušení signálu nedošlo, je nutné dodržovat nařízení stanovená normou, která pro danou oblast platí. V České republice je v této oblasti platná norma ČSN EN ISO 13849-1 Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů. Ta definuje celkem 5 kategorií bezpečnostních funkcí, které jsou rozděleny dle úrovně spolehlivosti a dalších charakteristik. V pořadí je to kategorie B, 1, 2, 3 a 4. [5]

Kategorie B označuje bezpečnostní funkce, které mají poskytovat základní úroveň bezpečnosti, tedy mají být navrženy pro dosažení minimálního standardu bezpečnosti, který pro danou oblast platí. Bezpečnostní funkce z této kategorie bývají jednoduché a jejich implementace nevyžaduje složité metody a technologie. Také není vyžadováno zabezpečení proti případnému selhání. Proto jsou bezpečnostní funkce z kategorie B vhodné pro uplatnění tam, kde nevzniká vysoké riziko zranění či poškození.

Bezpečnostní funkce spadající do kategorie 1 poskytují základní úroveň bezpečnosti a stupeň spolehlivosti, na rozdíl od kategorie B. Jejich smyslem je minimalizovat riziko a nebezpečné situace, které by potenciálně mohli vést k úrazům. Jejich implementace často zahrnuje použití řídicích prvků a senzorů.

Kategorie 2 má ve srovnání s kategorií 1 střední úroveň spolehlivosti. Klade větší důraz na detekci selhání a minimalizaci možných rizik. Patří do nich ochranná opatření, která sice vyžadují střední úroveň spolehlivosti, avšak nejsou kritické pro život a zdraví.

Pro bezpečnostní funkce kategorie 3 je charakteristická vysoká úroveň spolehlivosti. Jsou navrženy tak, aby byly odolné vůči selhání a riziko nebezpečných situací bylo sníženo na co nejnižší možnou úroveň. Některé bezpečnostní funkce z této kategorie již vyžadují tzv. dvoukanálové provedení. To znamená, že jsou některé prvky, nebo bezpečnostní funkce implementovány dvakrát. Pokud jeden z kanálů selže, druhý stále funguje a zachová tak potřebnou ochranu.

Poslední a zároveň nejvyšší ze zmíněných je kategorie 4. Bezpečnostní prvky z této kategorie jsou určeny pro aplikace, ve kterých je bezpečnostní riziko úrazů nebo jiných následků velmi vysoké, a tedy je zde vyžadována maximální možná úroveň bezpečnosti (například při manipulaci s nebezpečným materiálem). [5]

3.1 Norma ČSN EN ISO 13849-1

Norma určuje směrnice a požadavky, které musí být dodrženy při implementaci bezpečnostních funkcí. Například je důležité zajistit spolehlivost a stabilitu přenosu bezpečnostního signálu. Z toho vyplývá, že bezdrátový kanál pro přenos by měl být navržen tak, aby byla vyloučena, nebo alespoň minimalizována možnost rušení a ztráty signálu. Dále je nutné zajistit, aby měl přenos bezpečnostního signálu dostatečně rychlou časovou odezvu, tedy latenci. Bezdrátový přenos by měl využívat šifrování, nebo bezpečnostních protokolů pro minimalizaci rizika neoprávněného přístupu, či jiné manipulace s bezpečnostním signálem. Pro správné fungování je potřeba, aby systém uměl detekovat případnou poruchu nebo selhání komunikace, tedy monitorovat stav bezdrátového spojení a včas na ně reagovat. Norma například nařizuje, aby v případě ztráty spojení s bezpečnostní funkcí systém zareagoval stejně, jako by tomu bylo v případě zmáčknutí tlačítka nouzového zastavení. Při zmáčknutí tlačítka nouzového zastavení nedochází pouze k vypnutí stroje, ale i k okamžitému brždění pohybu stroje. Pokud je tedy kanál pro přenos navržen špatně a signál bezdrátové komunikace je přerušován nebo se ztrácí úplně, ovlivňuje to negativně jak stroj a výrobek, tak i produktivitu celé výroby, protože stroj je nucen zabrzdit a vypnout vše, co by mohlo obsluhu způsobit zranění pokaždé, když ztratí signál. Toto je nežádoucí například u obloukového svařování.[5]

3.2 Bezdrátová komunikace

Bezdrátový přenos bezpečnostních signálů může být realizován skrze síť Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee a jiné volné frekvence. Jejich popis, výhody a nevýhody jsou uvedeny v následujících podkapitolách.

3.2.1 Wi-Fi

Tento bezdrátový přenos dat už dnes znají a používají úplně všichni. Jako téměř všechny bezdrátové komunikace umožňuje přenos dat mezi zařízeními díky využití rádiových vln. Zařízení připojená na síť Wi-Fi komunikují prostřednictvím rádiových vln o frekvenci 2,4 GHz nebo 5 GHz. Výhodou Wi-Fi jsou poměrně velké přenosové rychlosti, dobré zabezpečení a dosah. Nevýhodou je vysoká spotřeba energie. V průmyslu je Wi-Fi využívána například pro spojení informační technologie s obráběcími stroji. Je tedy zajištěno potřebné zabezpečení a vysoká rychlost předávaných dat. V této práci bude využita pro spojení tabletu a PLC, protože jak již bylo řečeno, pro řízení stroje je potřeba dostatečná rychlost toku dat. [19]

3.2.2 Bluetooth

Bluetooth využívá rádiové vlny v krátkém dosahu o frekvenci 2,4 GHz. Dosah je většinou limitován na 10 metrů, modernějšími technologiemi, jako je například Bluetooth 5, je možné dosah zvýšit až na přibližně 80 metrů. Přenos prostřednictvím Bluetooth vyžaduje spárování zařízení předtím, než začnou komunikovat, to zajišťuje bezpečný přenos dat. Bluetooth dále podporuje například šifrování dat a autentizaci pro zvýšení zabezpečení přenášeného signálu. [23]

3.2.3 ZigBee

Hlavním zaměřením ZigBee jsou energeticky nenáročné aplikace nevyžadující velký datový objem. ZigBee je tedy levnější a jeho zařízení mají nižší spotřebu, než tomu je u konkurenčních Bluetooth a Wi-Fi. Stejně jako Wi-Fi a Bluetooth využívá frekvence 2,4 GHz. Jeho uplatnění je možné nalézt v chytrých domácnostech a dalších průmyslových aplikacích. [7] [17]

3.2.4 Volné frekvence

Mezi volné frekvence patří například pásma 863–868 MHz a 915–921 MHz. Využití těchto pásem je za dodržení určitých podmínek povoleno všeobecným oprávněním VO-R/10/07.2021-8 dle [5]. Podmínkou je například dodržení maximálního vyzařovacího výkonu, aby nedocházelo k rušení ostatních zařízení využívajících k vysílání stejnou frekvenci. Zmíněná pásma jsou ideální pro vytváření vlastního kódovacího signálu a jsou energeticky nenáročná. Díky tomu je řada výrobců využívá pro svá bezdrátová ovládání. Stejně tak ale existují i pásma, jejichž volné využití je zakázáno. Mezi ně patří například pásma 876–915 MHz a 921–960 MHz. Možnosti využívání ostatních frekvenčních pásem uvádí na svých webových stránkách Český telekomunikační úřad. [26]

4 Ruční ovladače vybavené bezpečnostními funkcemi

Ruční ovladače začínají být v průmyslu čím dál více populární. Hrají klíčovou roli mezi operátory a stroji v průmyslovém prostředí. Umožňují obsluze (operátorovi) efektivně manipulovat se strojem nebo robotem v reálném čase. Při správném provedení je jejich ovládání jednoduché a velice intuitivní. Základním důležitým parametrem je například ergonomie. Ovladač musí být dostatečně pohodlný pro dlouhodobé používání. Jeho uživatelské rozhraní by mělo být dostatečně přívětivé, aby se v něm mohla obsluha jednoduše vyznat. Pokud obsahuje funkci nouzového zastavení, nebo tlačítko souhlasu, je důležité, aby splňovalo příslušnou normu. Bezpečnostní funkce by měly být jasně označeny a umístěny tak, aby se daly kdykoliv použít, ale aby nedocházelo k nechtěnému zmáčknutí. Pokud ovladač obsahuje další hardwarová tlačítka, nebo rotační enkodéry je důležité jejich správné umístění, aby je mohla obsluha jednoduše používat k navigaci stroje. V dnešní době je většina těchto ovladačů ještě spojena se strojem prostřednictvím kabelu. To je značně nekomfortní, někdy dokonce nebezpečné, například v případě pohybu v prostoru kolem stroje, kde se kabel jednoduše zachytí, nebo přišlápne a vytrhne tak ovladač z ruky, nebo o kabel někdo zakopne. V případě bezdrátového ovladače by se tento problém jednoduše eliminoval, a ještě by se tím dal zvýšit celkový dosah ovladače.

4.1 Ruční ovladač firmy KUKA

Firma KUKA se na trhu průmyslové automatizace pohybuje již řadu let. Mezi její produkty pro řídicí systémy robotů patří například ruční ovladače KUKA SmartPAD a KUKA SmartPAD pro. Oba ruční ovladače jsou si podobné z hlediska designu, implementace bezpečnostních funkcí a ergonomie. Oba jsou též spojené se strojem prostřednictvím kabelu. Následující popis bude věnován ovladači KUKA SmartPAD a to z důvodu osobní zkušenosti v laboratořích CIIRC. Ovladač má příjemnou ergonomii, velkou výhodou tady hrají nastavitelné pásky pro pohodlné chycení ovladače i jednou rukou z boku. Je vybaven dvěma sadami potvrzovacích spínačů, jednou sadou pro držení z boku a druhou na spodních výstupcích usnadňujících držení levou nebo pravou rukou samostatně. Ovladač má dále osm sad hardwarových tlačítek pro pohyb v celkem osmi osách v kladném nebo záporném směru. Firma KUKA se specializuje na výrobu robotů a je pro ně výhodné mít na ovladači více než tři po-

hybové osy. Komunikace mezi ovladačem a strojem funguje prostřednictvím kabelu. V ovladači jsou dva USB porty pro jednoduché nahrání nebo stáhnutí uživatelských nastavení a programů. [15]



Obrázek 4.1: SmartPAD firmy KUKA [15]

Na obrázku 4.1 jsou patrná hardwarová tlačítka společně s tlačítkem nouzového zastavení a potvrzovacím spínačem. Ovladač ještě obsahuje tzv. 6D myš, což je zařízení, s jehož pomocí je také možné navigovat stroj v prostoru, ovšem manipulace s ní chce trénink a zkušenosti. Obrázek 4.4 ukazuje ovladač ze spodní strany, zde jsou vidět dvě sady potvrzovacích spínačů pro držení ovladače ve dvou polohách. Také jsou vidět dva ergonomické výstupky, které slouží pro pohodlné držení ovládání levou či pravou rukou. Ruční ovladač od firmy KUKA je pro tuto práci výbornou inspirací a bude oporou při samotném návrhu bezdrátového ručního ovladače. [15]



Obrázek 4.2: Spodní strana SmartPADu s ergonomickými výstupky pro držení jednou rukou a potvrzovacími spínači[15]

4.2 Ruční ovladač uFRAME

Jako jeden z mála ručních ovladačů dostupných na trhu obsahuje uFRAME od německé firmy Brehmergroup bezpečnostní funkce a zároveň komunikuje se strojem

zcela bezdrátově. Jeho součástí jsou, podobně jako u SmartPADu, tlačítka nouzového zastavení a potvrzovací spínač, je však znatelně menší a díky tomu se lépe drží v jedné ruce. Firma Brehmergroup se nespécializuje na řízení robotů jako KUKA, ale spíše na řízení obecně. Ovladač tedy nemá hardwarová tlačítka pro pohyb v osách nebo ovládání rychlosti, jako je tomu u SmartPADu. Ovladač splňuje normu DIN EN ISO 13849. Brehmergroup na svém webu uvádí, že ovladač by měl sloužit jako nadstavba pro již existující ovládací zařízení, ať už tablet nebo chytrý telefon. [14]



Obrázek 4.3: Bezdrátový ruční ovladač uFRAME firmy Brehmergroup [14]

4.3 Ruční ovladače firmy Siemens

Firma Siemens je mezinárodní konglomerát, který se pohybuje v mnoha průmyslových oblastech. Například ve zdravotnickém průmyslu vyrábí zobrazovací zařízení, jako jsou CT a MRI skenery a další laboratorní a softwarové aplikace. Společnost též investuje do energetiky a technologie výroby elektrické energie včetně obnovitelných zdrojů. V digitálním průmyslu, který je stále více populární Siemens již řadu let představuje a vylepšuje aplikace, které pomáhají firmám zefektivnit svoji výrobu. Ruční ovladače nejčastěji spadají do kategorie průmyslové automatizace. Siemens v průmyslové automatizaci disponuje velkou nabídkou senzorů a pohonů a to včetně jejich řídicích systémů. Mezi jeho četné produkty patří ovládací tlačítková stanice z řady SIRIUS ACT. Její nespornou výhodou je vysoká úroveň bezpečnosti, která hraje v průmyslovém prostředí klíčovou roli. Jednou z nejdůležitějších bezpečnostních funkcí ovladače je tzv. systém dvou tlačítek situovaných na levé a pravé straně ovladače. Operátor je tímto nucen držet obě ruce na tlačítkách současně, tím je zamezeno tomu, aby mohli být jeho ruce vystavené nebezpečným částem strojů a zařízení, se kterými pracuje. Riziko úrazu při manipulaci s ovládací stanicí se

tímto minimalizuje. Ovladač samozřejmě dále obsahuje bezpečnostní funkci nouzového zastavení, které je situována uprostřed ovladače a barevně řádně označena dle bezpečnostní normy.[20]



Obrázek 4.4: Ovládací tlačítková stanice firmy Siemens [16]

Mezi jeho hlavní parametry patří robustní a odolná konstrukce, která přichází pouze v šedivé barevné variantě. Rozměry jsou cca 500x190x160 mm a je schopen pracovat v rozmezí teplot od -25°C do 75°C . Ovládací stanice je jako celek možná přidělat na horizontální či vertikální povrch pro snadnější ovládání.[20]

4.4 Elektrický ruční ovladač firmy Heidenhain

Na rozdíl od ručního ovladače SmartPAD firmy KUKA, kteréhož funkce jsou směřovány na ovládání robotů či robotických ramen, je bezdrátový ovladač HR 550 FS firmy Heidenhain konstruován spíše pro snadné ovládání CNC strojů a soustruhů. Samotný ovladač HR 550 FS je bezdrátový a jeho dominancí je na jeho rozměry poměrně velké ruční kolo, které slouží pro pohyb ve směru zvolené osy. V jeho názvu se tedy neobjevuje bezdrátový ovladač, jako tomu je u konkurenčních firem, ale ruční kolo. Firma nabízí celou řadu těchto ručních ovladačů, například HR 510 FS, HR 520 FS, HR 130, HR 410. Všechny jsou si svým designem velmi podobné, liší se buď ve způsobu komunikace, tedy zda-li jsou bezdrátové či nikoliv, a nebo pozicí jednotlivých tlačítek. Na obrázku 4.5 je vidět elektrický ruční ovladač HR 550 FS. V jeho rohu je umístěno červené tlačítko nouzového zastavení a pod ním se nachází informační displej. Šest oranžových tlačítek slouží pro výběr pohybové osy. Tři šedivá tlačítka mají za úkol nastavení rychlosti posuvu, tedy pomalu středně a rychle. Velké ruční kolečko slouží, jak již bylo zmíněno, k samotnému posuvu ve vybrané ose stroje. Dále jsou na různých místech na ovladači umístěny potvrzovací spínače (například to jsou ty dvě černá tlačítka pod ručním kolečkem), které je nutné držet stisknuté v případě pohybu stroje.[2]



Obrázek 4.5: Bezdrátové ovládací kolo HR 550 FS [13]

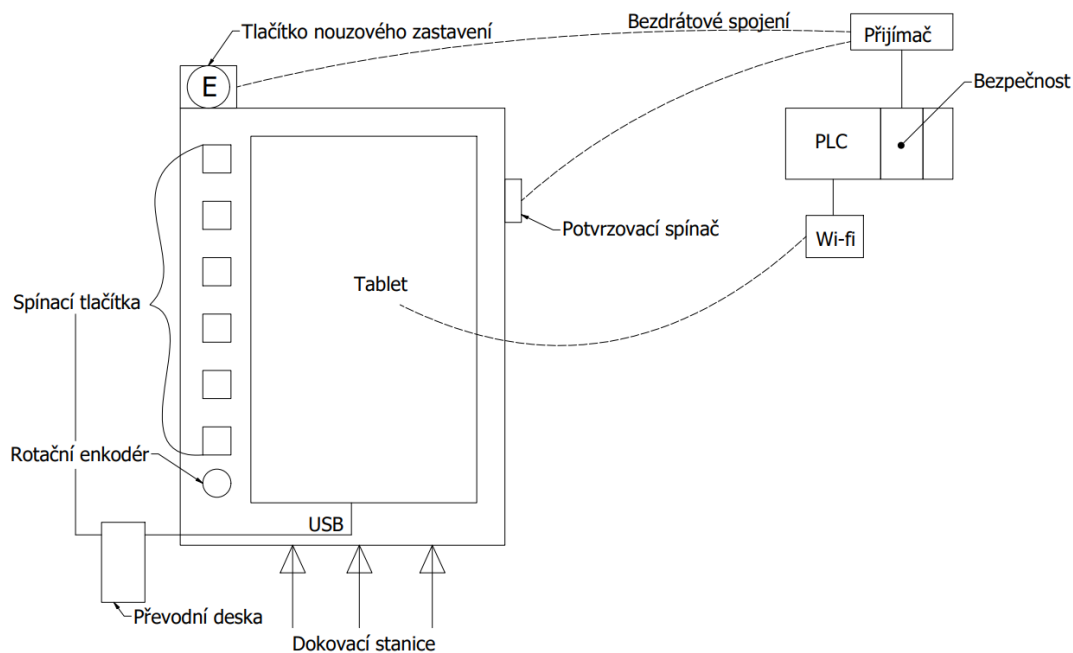
Pro bezdrátový přenos bezpečnostního signálu používá ovladač HR 550 FS síť ZigBee s vysílací frekvencí 2,4 GHz o 16 komunikačních kanálech. Jeho rádiový dosah se pohybuje do vzdálenosti 20 metrů od stroje bez překážek, které by signál blokovaly. Pokud by se kvalita rádiového přenosu zhoršila, zařízení začne vibrovat. Dálkový ovladač je pomocí magnetického pogo-pinového konektoru připojen do dokovací/napájecí stanice. Jeho váha se pohybuje kolem 700 gramů. Celé zařízení je poměrně úzké a dá se pohodlně držet i v jedné ruce. [2]

5 Konceptní schéma dálkového ovládání

V rešeršní části práce byla rozvedena problematika přenosu bezpečnostního signálu a bezdrátové komunikace spolu s rozborem již existujících řešení ve formě ručních ovládaní vybavených bezpečnostními funkcemi. Na tomto základě byly stanoveny požadavky pro vybavení samotného dálkového ovládání. Nejdůležitějším prvkem jeho výbavy jsou bezpochyby bezpečnostní funkce splňující normu ČSN EN ISO 13849-1.

5.1 Základní požadavky

Ovladač bude obsahovat tlačítko nouzového zastavení a potvrzovací spínač, které do bezpečnostní kategorie spadají. Jako další prvky, které již normě nepodléhají, budou hardwarová klávesnice, převodní deska a dokovací stanice. Součástí hardwarové klávesnice bude 6 spínacích tlačítek a jeden nebo více rotačních enkodérů. Převodní deska bude sloužit jako prostředník mezi klávesnicí a tabletem, tedy bude číst data z klávesnice a posílat je pomocí kabelu do tabletu. Dálkové ovládání jako celek bude nabíjet dokovací stanice, do které se ovládání pohodlně uloží. Z těchto předpokladů a požadavků vzešlo konceptní schéma dálkového ovládání, které je patrné na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1: Konceptní schéma dálkového ovládání

5.2 Popis koncepčního schéma

Tlačítko nouzového zastavení je na ovládání umístěno v rohu pro přehledné a bezpečné použití v případě nouzové situace. Potvrzovací spínač je umístěn vertikálně z boku pro pohodlnější operaci při chycení ovládání i jednou rukou. Obě bezpečnostní funkce komunikují pomocí bezdrátového spojení se svými přijímači. Přijímače jsou připojeny ve stroji na bezpečnostní kartu PLC.

Hardwarová klávesnice bude obsahovat 6 spínacích tlačítek a ideálně dva rotační enkodéry. První dvě spínací tlačítka budou mít funkce typu start a stop, tedy spuštění, nebo zastavení navoleného programu či pohybu stroje. Další dvě tlačítka obstarají posun ve kladném (+) nebo záporném (-) směru zvolené osy. Symboly F1 a F2 na posledních dvou zastanou význam funkčních tlačítek a jejich význam při stisknutí je možné si zvolit. Pro pohodlné ovládání změny rychlosti pohybu stroje bude sloužit první z rotačních enkodérů. Druhý enkodér má za úkol ovládat rychlost otáčení vřetene. Celá hardwarová klávesnice komunikuje s tabletem prostřednictvím převodní desky. Ta má za úkol číst data z klávesnice a posílat pomocí kabelu do tabletu.

Tablet vykonává roli ovládacího panelu dálkového ovladače. Pomocí wi-fi je bezdrátově spojen a komunikuje s PLC ve stroji. Napájení dálkového ovládání obstará dokovací stanice. Do problematiky celého ovládání se tedy přidává jeho napájení, protože bude pravděpodobně nutné navrhnout hromadné napájení pro tablet a dvě bezpečnostní funkce. Výsledné dálkové ovládání by tak kombinovalo prvky z jednotlivých ručních ovladačů popsaných v rešeršní části. Předmětem nadcházející kapitoly je výběr jednotlivých komponent a popis jejich výhod a nevýhod v porovnání s ostatními.

6 Výběr hlavních komponent

Za hlavní komponenty jsou považovány ty části, které jsou svým významem důležité pro správné a bezporuchové fungování celého ovladače. Dají se rozdělit do dvou skupin podle toho, které podléhají normě ČSN EN ISO 13849-1, protože spadají do kategorie bezpečnostních funkcí, a které normě již nepodléhají a jsou dostupnější. Do první skupiny podléhající bezpečnostní normě patří tlačítka nouzového zastavení a potvrzovací spínač. Tlačítko nouzového zastavení se dále přímo věnuje norma EN ISO 13850, která popisuje jeho rozměry, vzhled a další bezpečnostní požadavky. Norma říká, že tlačítka musí být vždy a za každých podmínek dostupné a schopné operace. Aktuátor nouzového zastavení by měl být zbarven červeně a pokud je za ním ještě nějaké pozadí, mělo by být zbarveno žlutě. Podle vydání normy z roku 2015 již není doporučeno přidávat na tlačítka jakýkoliv text nebo symboly. Dále se norma věnuje správnému umístění tlačítka a prevenci neúmyslného spuštění.[1]

Potvrzovací spínač může na rozdíl od tlačítka nouzového zastavení nabývat různých rozměrů a podob. Je to dáno tím, že je nutno ho držet v pozici, kdy není úplně stlačený, ale ani úplně puštěný. Oproti tlačítku nouzového zastavení je potvrzovací spínač používán pravidelně, a to většinou pro přístup do stroje nebo do manipulační zóny robotu. Je možno položit si jednoduchou otázku: Proč se musí spínač držet ve střední poloze, proč ho nestačí pouze stisknout a v případě hrozby pustit? Důvod k tomu je prostý, při puštění potvrzovacího spínače to stroj vyhodnotí tak, že obsluhu nějakým způsobem poranil a zastaví. Ale pokud se spínač promáčkne úplně, stroj to vyhodnotí také jako hrozbu a zastaví. Obsluha se mohla například dotknout přímo živých částí stroje a v křeči drží stisknutý spínač.

Ostatní hlavní komponenty ovladače nespádají do bezpečnostní kategorie, a tudíž se na ně nevztahují striktní normy. Do této skupiny se zařadí převodní deska, tablet a hardwarová klávesnice jejíž součástí jsou spínací tlačítka a rotační enkodéry. Propojovací vodiče a napájecí kabely se do hlavních komponent ovladače neuvažují.

6.1 Tlačítka nouzového zastavení

Dnes se objevuje mnoho variant a podob tlačítka nouzového zastavení, které se propojí s bezpečnostní kartou PLC ve stroji prostřednictvím kabelu. V bezdrátové variantě je k sehnání o poznání hůře a prozatím se na trhu objevují asi tři firmy, které se jeho výrobou a následnou distribucí zabývají.

6.1.1 Tyro Remotes (E-stop)

Prvním zástupcem je firma Tyro Remotes. Již z jejího názvu je patrné, že se zabývá dálkovými ovladači, a to různých druhů, velikostí a funkcí. Mimo jiné ale vyrábí a prodává bezdrátové tlačítko nouzového zastavení samozřejmě i s přijímačem. Na obrázcích 6.1 a 6.2 je vidět jejich bezdrátové tlačítko nouzového zastavení Indus 1S a přijímač Gemini. [31]



Obrázek 6.1: Tlačítko nouzového zastavení Indus 1S [31]



Obrázek 6.2: Přijímač bezdrátového signálu Gemini [11]

Tyro na svých webových stránkách neuvádí ceny výrobků, avšak po komunikaci s jejich marketingovým oddělením bylo zjištěno, že vysílač Indus 1S a přijímač Gemini se prodávají dohromady jako set za 1300 euro, což je přibližně 32 000 Kč. Firma byla také dotázána, zda-li je možné pořídit vysílač ve variantě bez krytu pro lepší implementaci do ovladače. To bohužel možné není. Z toho vyplývá, že by se vysílač Indus 1S dal použít pouze jako celek o rozměrech 120 x 60 x 30 mm. Mezi důležité parametry vysílače patří:

- Splňuje normu EN ISO 13849-1
- Výdrž baterie se pohybuje okolo 50 hodin čistého provozu
- Dosah 600 m v otevřeném terénu
- Vysílá na frekvenci 868 MHz
- Váha 189 g
- Schopno operace v rozsahu teplot -20°C až 60°C
- Nabíjecí čas je 5 hodin
- Reakční doba je nastavitelná od (0,5–2) s

6.1.2 Kar-Tech (E-stop)

Druhým zástupcem je firma Kar-Tech, která se podobně jako Tyro Remotes specializuje na výrobu bezdrátových ovladačů. Nabízejí však 2 možnosti řešení, a to ve formě frekvence, na které komunikují s přijímačem. Je možné si vybrat z variant o vysílací frekvenci 2,4 GHz a 900 MHz. Bohužel frekvence 900 MHz spadá do pásma 876–915 MHz, které je v České republice vyhrazeno pro mobilní sítě a provozování ostatních aplikací je zakázáno viz. kapitola 3.2.4. V úvahu tedy přichází pouze varianta o vysílací frekvenci 2,4 GHz. Její cena se pohybuje okolo 600 dolarů (asi 13 500 Kč) za vysílač a přijímač dohromady. V kapitole 3.2.4 o přenosu bezpečnostního signálu bylo zmíněno, že pokud se v dané oblasti (například v dílně) nachází více zdrojů signálů o stejné frekvenci, mohou se navzájem rušit. Frekvenci 2,4 GHz využívá většina technologií jako je Wi-Fi, Bluetooth a ZigBee. Ačkoliv je tedy bezdrátové tlačítko nouzového zastavení od firmy Kar-Tech výrazně levnější než je tomu u konkurenční firmy Tyro Remotes, mohlo by při jeho používání s velkou pravděpodobností nastat již zmíněné rušení. Bezpečnostní kanál pro přenos signálu by tak nemusel být stabilní. Firma Kar-Tech dodává bezdrátové tlačítko nouzového zastavení jako celek, tudíž zde také nepřipadá v úvahu verze bez krytu. Řešení bezdrátového vysílače s přijímačem od firmy Kar-tech znázorňuje obrázek 6.3 a 6.4. [30]



Obrázek 6.3: Tlačítko nouzového zastavení firmy Kar-tech [30]



Obrázek 6.4: Přijímač bezdrátového signálu firmy Kar-tech [30]

Mezi hlavní parametry vysílače od firmy Kar-Tech patří:

- Splňuje normu ČSN EN ISO 13849-1
- Dosah 4000 stop (asi 1220 metrů)
- Vysílá na frekvenci 2,4 GHz
- Rozsah teplot -20°C až 60°C
- Výdrž baterie 16 hodin

6.1.3 FORT Robotics

Poslední firmou, která vyrábí bezdrátové tlačítko nouzového zastavení je firma FORT Robotics. Samotný vysílač je poměrně veliký, nekompatní, a navíc je k němu připojena anténa, která by značně ztížila jeho zakomponování do obalu tabletu. Vysílač existuje stejně jako Kar-Tech ve dvou variantách podle jeho vysílacích frekvencí. První je na frekvenci 2,4 GHz, druhá je na frekvenci 900 MHz. Dle nařízení ČTÚ připadá v úvahu pouze varinata o vysílací frekvenci 2,4GHz. [29]



Obrázek 6.5: Tlačítko nouzového zastavení firmy FORT Robotics [29]



Obrázek 6.6: Přijímač bezdrátového signálu firmy FORT Robotics [24]

Technické parametry bezdrátového tlačítka nouzového zastavení firmy FORT Robotics:

- Hmotnost 310 g
- Dosah 200 m
- Vysílá na frekvenci 2,4 GHz
- Rozsah teplot -20°C až 60°C
- Výdrž baterie 12 hodin
- Rozměry bez antény 163 x 47 x 47 mm

6.2 Potvrzovací spínač

Princip jeho funkce a proč tomu tak je, bylo již popsáno na začátku kapitoly ve výběru hlavních komponent ovladače. Bezdrátové varianty potvrzovacího spínače se objevily dvě, a to od firem výše uvedených.

6.2.1 Tyro Remotes (DMS)

Podobně jako u tlačítka nouzového zastavení je zde jako první uveden potvrzovací spínač od firmy Tyro Remotes. Nese název Taurus a má téměř stejné parametry jako tlačítka nouzového zastavení. Mají podobný vzhled, tedy displej, na kterém je vidět stav signálu, baterie a napájení. Vydrží 50 hodin nepřetržitého provozu a taktéž splňuje normu EN ISO 13849-1. Dle informací poskytnutých marketingovým oddělením by měl cenově i se stejným přijímačem vycházet na 1300 euro (32 000 Kč). [21]



Obrázek 6.7: Potvrzovací spínač Taurus (Tyro Remotes) [21]

6.2.2 Kar-Tech (DMS)

Druhá varianta je od firmy Kar-Tech. Opět je na výběr mezi vysílači o frekvencích 2,4 GHz a 900 MHz. Z důvodů výše zmíněných přichází v úvahu pouze 2,4 GHz. Podobně jako bezdrátové tlačítka nouzového zastavení má dosah 4000 stop (1220 metrů) a splňuje standart ICE61508. Cena se taktéž pohybuje okolo 600 dolarů (13 500 Kč) za vysílač a přijímač. [28]



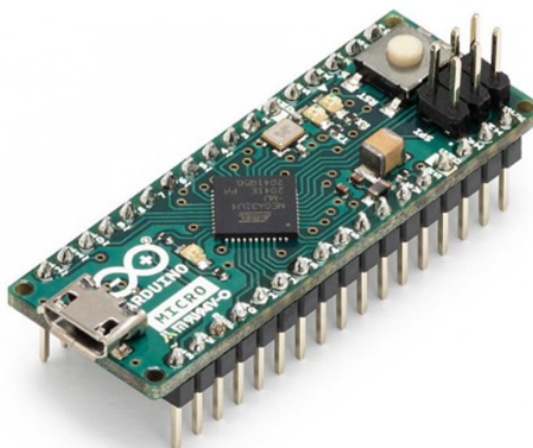
Obrázek 6.8: Potvrzovací spínač firmy Kar-tech [28]

6.3 Převodní deska

Převodní deskou se v této práci myslí taková deska, která bude číst vstupy připojených tlačítek a pomocí USB komunikovat s tabletem. Asi nejrozšířenější a nejznámější platformou je pro tyto účely Arduino. Arduino desky jsou vlastně mikrokontrolery, které mají uživatelsky přívětivé rozhraní a snadno se tak dají propojit s různými senzory a tlačítky. Při výběru desky je důležité brát ohled na několik faktorů:

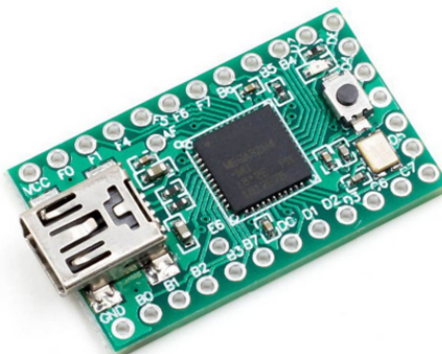
- Napájení desky – je žádoucí, aby bylo napájení uskutečnitelné prostřednictvím USB kabelu připojenému k tabletu.
- Rozměry – čím menší deska bude tím lépe se bude zapracovávat do obalu tabletu a tím lépe se bude s celým ovladačem manipulovat.
- Kompatibilita – deska musí být s operačním systémem tabletu kompatibilní, aby mohla správně fungovat.

Na výběr je v tomto ohledu značné množství produktů. Dva z nich ale svými vlastnostmi vyčnívají, a to sice Arduino Micro a Teensy Board. Arduino Micro je kompaktnější verze jeho předchůdce Arduino Leonardo. Je vybaveno dvaceti digitálními piny, z nichž 12 je možné využít pro analogový vstup. Obsahuje USB micro, kterým by se dalo propojit s tabletem. Rozměry jsou 18x48 mm a jeho cena se pohybuje kolem 630 Kč. [3]



Obrázek 6.9: Převodní deska Arduino micro [3]

Teensy Board je ještě o něco menší než Arduino micro a také levnější. Má v sobě zabudovaný klasický USB port pro komunikaci s dalším zařízením. Jeho cena je přibližně 410 Kč a rozměrově vychází na 18x31 mm. Jeho podobu bez připájených pinů znázorňuje obrázek 6.10. [22]



Obrázek 6.10: Převodní deska Teensy board 2.0 [22]

6.4 Tablet

Dalším hlavním komponentem, avšak neméně důležitým je tablet, který bude sloužit jako ovládací panel na bezdrátovém ovládání. Vyskytují se zde dvě možnosti. První možností je využití stávajícího tabletu Lenovo MiiX 320-10ICR, který je k dispozici v laboratoři. Má 2 USB porty, výdrž baterie zhruba 10 hodin a jeho rozměry jsou 149x178x9 mm. Dále je k němu k dispozici dokovací stanice o rozměrech 249x183x8,5 mm. Druhou možností je pořídit tablet nový, ideálně průmyslový. V tomto případě je důležité koupit tablet s USB porty (kvůli napájení desky) a možností napájení přes ně. Tablet musí také mít operační systém Windows kvůli dalším

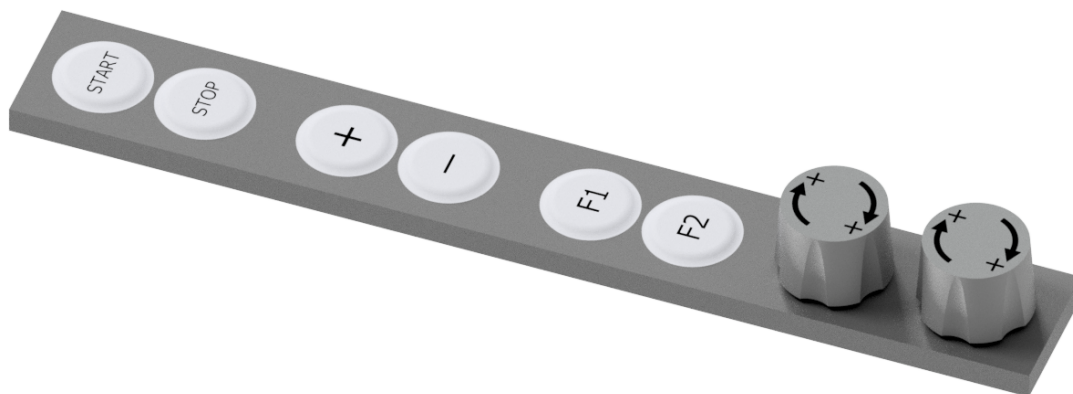
aplikacím (TwinCAT), které budou na tabletu používány pro komunikaci s PLC firmy Beckhoff. Průmyslových tabletů existuje na trhu mnoho, přičemž jejich cena se pohybuje od 10 000 do 60 000 Kč.

6.5 Hardwarová klávesnice

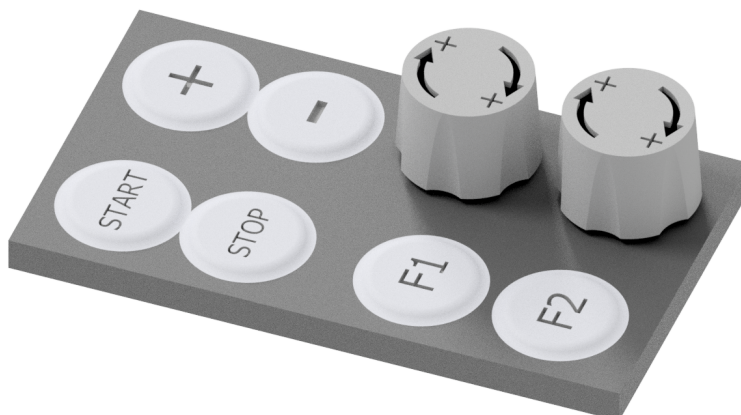
Požadavky na provedení klávesnice vyplývají z koncepčního schéma uvedeného v kapitole 5. Navržený prototyp klávesnice se skládá z šesti spínacích tlačítek a dvou potenciometrů. Funkce tlačítek jsou po dvojicích start a stop, pro spuštění a zastavení zvoleného programu. Dále dvojice tlačítek pro pohyb v kladném (+) a záporném (-) směru zvolené osy. A nakonec funkční klávesy F1 a F2 pro libovolné nastavení dle preferencí operátora. První z rotačních enkodérů zastává funkci změny rychlosti pohybu stroje, zatímco druhý slouží pro změnu rychlosti otáčení vřetene.

Počet a typ tlačítek na klávesnici je jasně daný a zbývá rozhodnout o její celkové podobě, tedy rozložení tlačítek na klávesnici. Nabízejí se dvě varianty, a to poskládat tlačítka s enkodéry do jednoho nebo dvou sloupců. Pro lepší srovnání uvádí obrázky 6.11 a 6.12 obě varianty. Pro modelování všech součástí včetně klávesnice bude použit parametrický modelářský program Autodesk Inventor Professional 2021 od firmy Autodesk.

Je vidět, že klávesnice s tlačítky v jednom sloupci by se dala lépe zakomponovat vedle tabletu do obalu bezdrátového ovládání, než klávesnice ve dvou sloupcích. Pro operátora by bylo zároveň pohodlnější používat klávesnici s jedním sloupcem, kvůli lepšímu dosahu na tlačítka, při držení dálkového ovládání z boku. Vzhledem ke specifickým nárokům na klávesnici není možné její přesnou podobu sehnat. Proto bylo rozhodnuto o potenciální výrobě této klávesnice na míru. V tom případě existuje i možnost nechat do ní zabudovat podsvícení pro lepší orientaci v temnějším prostoru.



Obrázek 6.11: Model klávesnice situované do jednoho sloupce



Obrázek 6.12: Model klávesnici s tlačítky ve dvou sloupcích

6.6 Shrnutí vybraných komponentů

Z bezpečnostních funkcí je možné vybírat ze tří variant tlačítka nouzového zastavení a dvou variant potvrzovacího spínače. Díky své vysílací frekvenci 868 MHz jsou tlačítka nouzového zastavení a potvrzovací spínač od firmy Tyro Remotes poměrně jasnou volbou. Varianta od firmy Kar-tech je sice o poznání levnější, avšak kvůli její vysílací frekvenci 2,4 GHz by mohlo s velkou pravděpodobností nastat rušení a celé dálkové ovládání by se tím znehodnotilo. Firma FORT Robotics nabízí pouze variantu tlačítka nouzového zastavení, ale jeho zástavbové rozměry jsou i s anténou až moc veliké na zapracování do bezdrátového ovládání. Vlastností obou tlačítek od firmy Tyro Remotes je, že jsou lehčí a kompaktnější než jejich konkurenční podoby od firem Kar-tech a FORT Robotics, a dají se proto lépe zakomponovat do finálního dálkového ovládání. Další výhodou je fakt, že firma Tyro Remotes nedávno přestěhovala svojí výrobu do České republiky, konkrétně do Liberce a tudíž bude doprava pravděpodobně o poznání levnější a rychlejší než u firmy Kar-tech, která sídlí v USA. Její nevýhodou oproti svým konkurenčním produktům je značně vyšší cena (zhruba dvojnásobná).

Na první pohled by z parametrů uvedených u převodních desek asi každý volil Desku Teensy board. Je o něco menší, levnější a má dostatečný počet digitálních a analogových pinů. I přes to, je však pro tuto práci zvolena jako převodní deska Arduino micro. Důvodem je značně větší množství návodů jak s deskou pracovat a obecně je k sehnání více informací o produktech Arduino. Z praktického hlediska byl jako tablet vybrán ten, který je již k dispozici a nebude tedy nutné pořizovat nový. Poslední hlavním komponentem je hardwarová klávesnice. Po porovnání obou modelů i vzhledem k velikosti tabletu a odhadnutým ergonomickým potřebám byla vybrána klávesnice s tlačítky situovanými do jednoho sloupce.

7 Vytvoření 3D modelu dálkového ovlá- dání

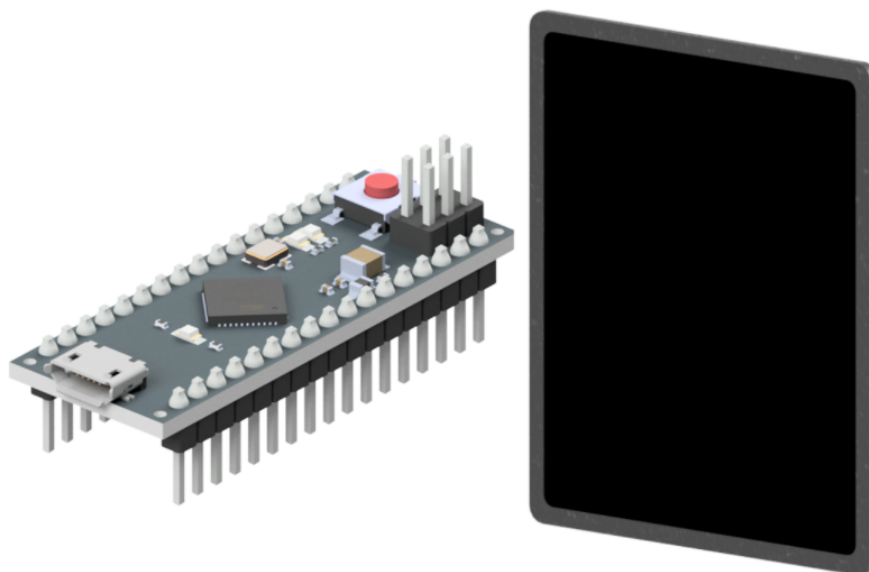
7.1 Modely hlavních komponent

Před modelováním samotného obalu je třeba vytvořit věrné modely všech hlavních komponentů. U hardwarové klávesnice je již konečný 3D model hotový. Podle obrázků a rozměrů poskytnutých na webových stránkách Tyro byly vytvořeny modely tlačítka nouzového zastavení a potvrzovacího spínače. Jejich konečnou podobu je možné vidět na obrázku 7.1. Jejich zástavbové rozměry vycházejí na výšku 120 mm, délku 60 mm a šířku 30 mm.



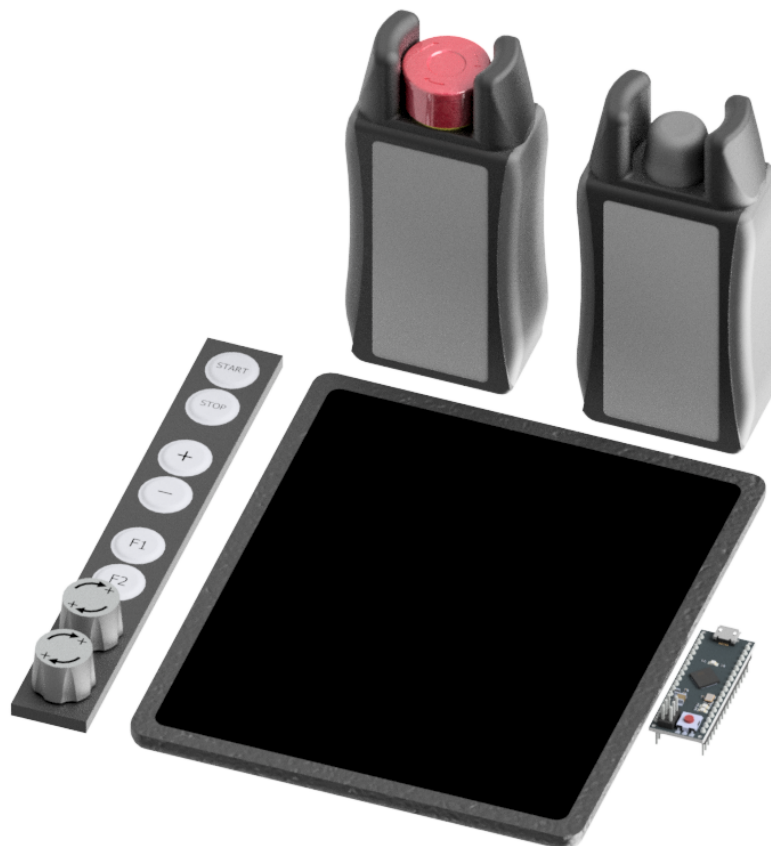
Obrázek 7.1: Modely tlačítka nouzového zastavení a potvrzovacího spínače

Dalším hlavním komponentem, který je třeba vymodelovat je tablet. Vzhledem k výběru stávajícího, ke kterému je možný přístup, byl tablet změřen a jeho rozměry následně přeneseny do prostředí programu Autodesk Inventor Professional 2021. Rozměry tabletu se pohybují přibližně kolem 249 mm na výšku, 178 mm na šířku a 9 mm na hloubku. Převodní desku Arduino micro nebylo nutné modelovat, protože její model je na webové stránce GrabCAD.com k dispozici ve formátu step [27]. Arduino micro má na výšku necelých 50 mm a na šířku 18 mm. Na obrázku 7.2 je vytvořený model tabletu Lenovo Miix 320-10ICR a převodní deska. Vůči velikosti tabletu jsou rozměry převodní desky Arduino zanedbatelné a tudíž by případné použití menší desky Teensy board 2.0 nezpůsobilo v tomto ohledu pádný rozdíl.



Obrázek 7.2: Model převodní desky Arduino micro a Tabletů Lenovo Miix 320-101CR

Než se začne modelovat samotný obal, je žádoucí udělat velikostní porovnání jednotlivých 3D modelů. Díky tomu, bude představa o rozložení hlavních komponentů jasná a přehledná. Toto velikostní porovnání znázorňuje obrázek 7.3, na kterém jsou vidět rozdíly v rozměrech všech hlavních komponentů. Klávesnice disponuje podobnou výškou jako tablet, což se bude hodit pro budoucí usazení do obalu dálkového ovládání. Tlačítko nouzového zastavení a potvrzovací spínač jsou vůči tabletu poměrně široké a nalezení polohy pro jejich umístění, nebude s ohledem na napájení jednoduché. Zároveň je nutné nalézt ideální místo pro převodní desku Arduino. Pravděpodobně nejvýhodnější bude, usadit ji na místo pod hardwarovou klávesnici, protože k ní bude skrze vodiče připojena. Samozřejmě je důležité nezapomenout na propojení desky a tabletu prostřednictvím USB kabelu. V neposlední řadě bude potřeba vymyslet jednotné napájení pro tablet a bezpečnostní funkce. Mezitím je třeba klást dostatečný důraz na zachování ergonomie celého obalu a vytvoření úvazků a madel pro příjemné držení. Samozřejmostí je zaoblení všech hran obalu pro předejití úrazu o ostrou hranu.



Obrázek 7.3: Porovnání reálných rozměrů hlavních komponentů

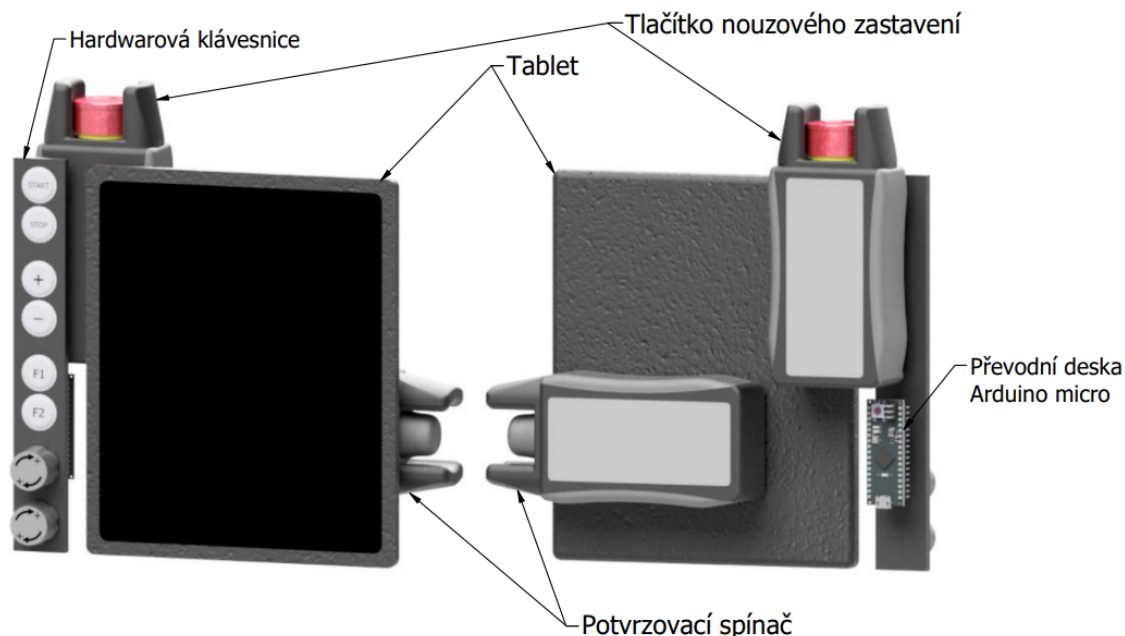
7.2 Návrh obalu

7.2.1 Pozice hlavních komponentů

Jak již bylo naznačeno v předchozí kapitole, vytvoření obalu pro dálkové ovládání v sobě skrývá mnoho výzev. Jednou z nich je například vytvoření společného napájení pro tři samostatná zařízení. To je zásadní pro nabíjení celého dálkového ovladače skrze dokovací stanici. Další problém k vyřešení je typ konektoru při spojení ovladače s dokovací stanicí. Tyto problémy se nechají vyřešit až v pokročilé fázi tvorby obalu. Prozatím je potřeba navrhnout hrubé umístění jednotlivých komponentů. Jako základ návrhu poslouží tablet. Vedle něho, ve stejné rovině, je ideální umístit klávesnici. Dle inspirace již existujícími dálkovými ovladači byla zvolena pozice směrem vlevo od tabletu (asi 10 mm od levé strany tabletu).

Dalšími komponenty, které je třeba přidat na dálkové ovládání jsou tlačítko nouzového zastavení a potvrzovací spínač. Jejich poloha na ovladači bude podobná jako v koncepčním schématu. Tlačítko nouzového zastavení bude umístěno v levém horním rohu ovladače a potvrzovací spínač někde na pravé straně pro co nejpohodlnější stisknutí. Při tomto uspořádání zůstane pod klávesnicí dostatek místa pro převodní

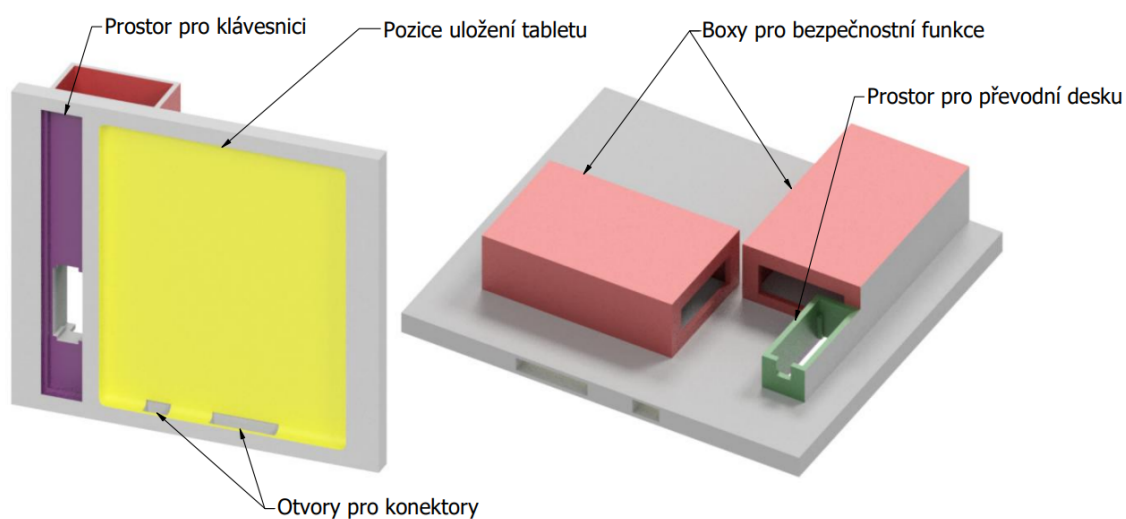
desku. Prozatimní umístění všech komponentů ukazuje obrázek 7.4 (vlevo přední strana, vpravo zadní strana).



Obrázek 7.4: Pozice hlavních komponentů

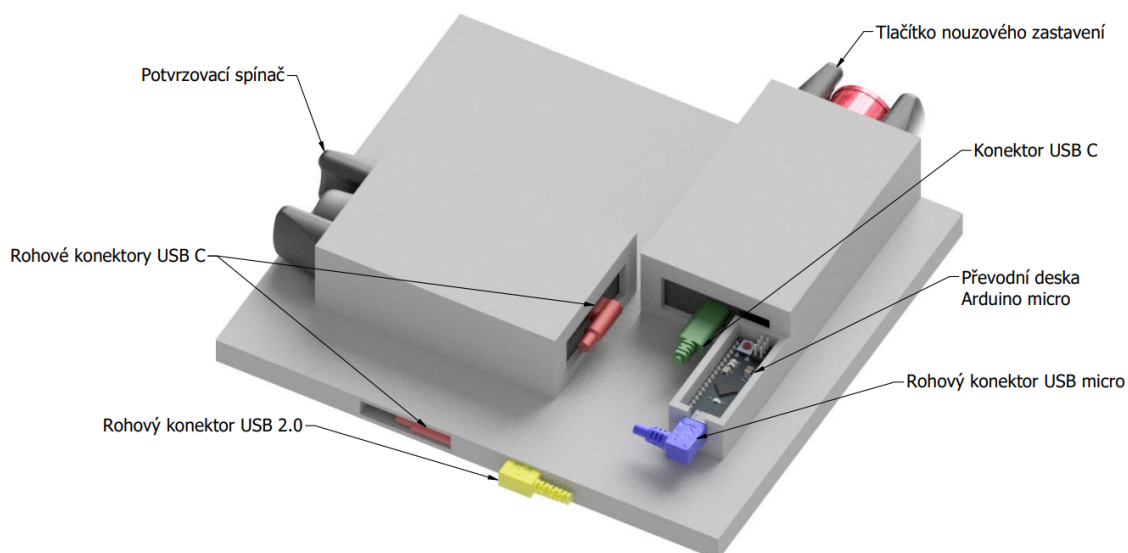
7.2.2 Základní tvar obalu

Návrh polohy hlavních komponentů je hotový. Další krok je vytvoření základního tvaru obalu, do kterého budou jednotlivé komponenty vpasovány. Na začátek je třeba vymodelovat kvádr, ve kterém budou otvory pro usazení tabletu a hardwarové klávesnice. Pod klávesnicí je nutné nechat volný prostor, pro vedení vodičů k převodní desce a následnému propojení k digitálním nebo analogovým pinům. Převodní deska Arduino má ve všech čtyřech rozích otvory pro uchycení skrze šrouby. Dle rozměrů desky je možné vytvořit obdélníkový prostor pro její usazení pod tlačítkem nouzového zastavení a vedle potvrzovacího spínače. Na zadní stranu se následně přidají boxy pro uložení obou vysílačů. Tablet se prostřednictvím kabelu propojí s deskou Arduino. Je důležité nezapomenout na prostor potřebný pro napájení všech tří samostatných zařízení. Jak tlačítko nouzového zastavení tak potvrzovací spínač mají napájecí port situovaný na spodní straně. Tablet má napájecí i USB port též na své spodní straně. Na těchto místech se v obalu vytvoří otvory pro jednotlivé konektory.



Obrázek 7.5: Návrh základního tvaru obalu

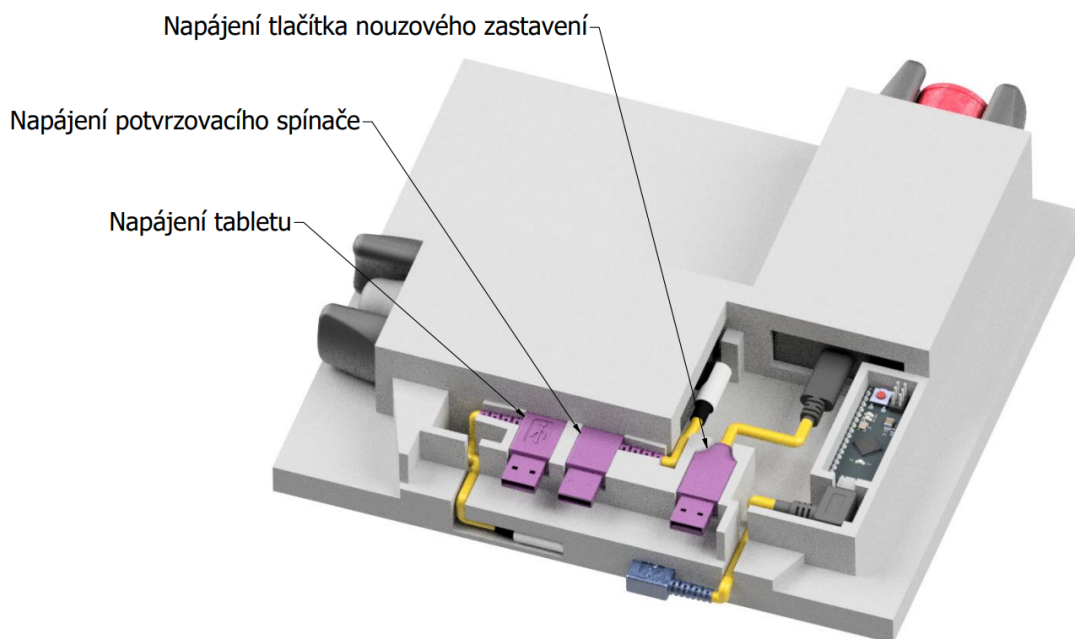
Tlačítko nouzového zastavení, potvrzovací spínač a tablet se nabíjejí konektorem typu USB C. Převodní deska Arduino je spojena s tabletem prostřednictvím kabelu, který má na jednom konci konektor USB micro (ten se spojí s převodní deskou) a na konci druhém standardní USB 2.0 (pro napojení do tabletu). Pro ušetření prostoru, bude výhodné použít rohové konektory. Na obrázku 7.6 jsou červenou barvou zvýrazněny dva rohové konektory USB C [12] a zelenou barvou obyčejný USB C [8]. Další dva rohové konektory jsou v modré barvě USB micro [18] připojený k Arduino a ve verzi žluté USB 2.0 [4] připojený k tabletu.



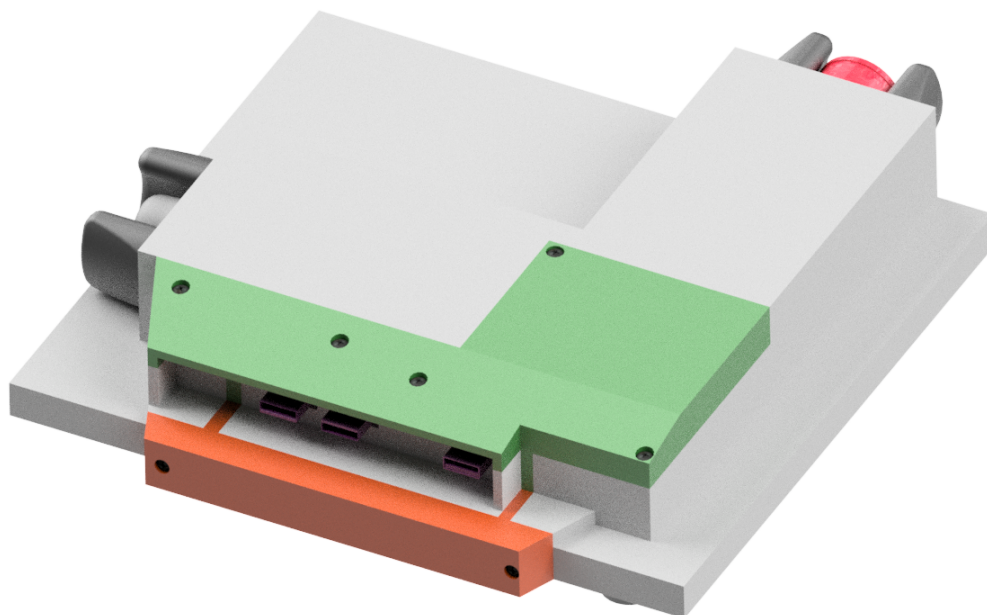
Obrázek 7.6: Popis použitých konektorů

7.2.3 První způsob řešení společného napájení

První nápad, jak upravit obal pro jednotné napájení, bylo skrze tři samostatné USB konektory, propojené do společného hubu. Na spodní straně ovladače se vytvořily tři tvarově přizpůsobené otvory pro jejich přesné a pevné umístění, plus prostor na vedení kabelů. Na obrázku 7.7 jsou fialově vyznačeny USB konektory uložené v obalu a žlutě vyznačeno vedení jednotlivých kabelů. Samozřejmě budou kabely ve skutečnosti delší, a proto je na ně vyčleněn dostatečný prostor. Následovalo vytvoření krytu pro konektory vedoucí z tabletu a jako poslední kryt pro zastřešení prostoru s kabeláží a nad převodní deskou (viz. obrázek 7.8). Na obou krytech jsou patrné šikmé plochy, jejich účel je navést USB konektory do hubu v dokovací stanici. Toto řešení jednotného napájení má však jeden problém, při častějším používání by mohlo eventuálně dojít k vylomení konektorů. I přes šikmé plochy, které při zasouvání ovladače do dokovací stanice vedou konektory správným směrem není zaručeno dokonalé lícování konektorů s porty v hubu. Z těchto důvodů se od tohoto řešení upustilo a začala hledat možnost jiná, o něco elegantnější.



Obrázek 7.7: Napájení ovládání skrze USB konektory



Obrázek 7.8: Kryt konektorů tabletu (oranžový) a kryt napájení (zelený)

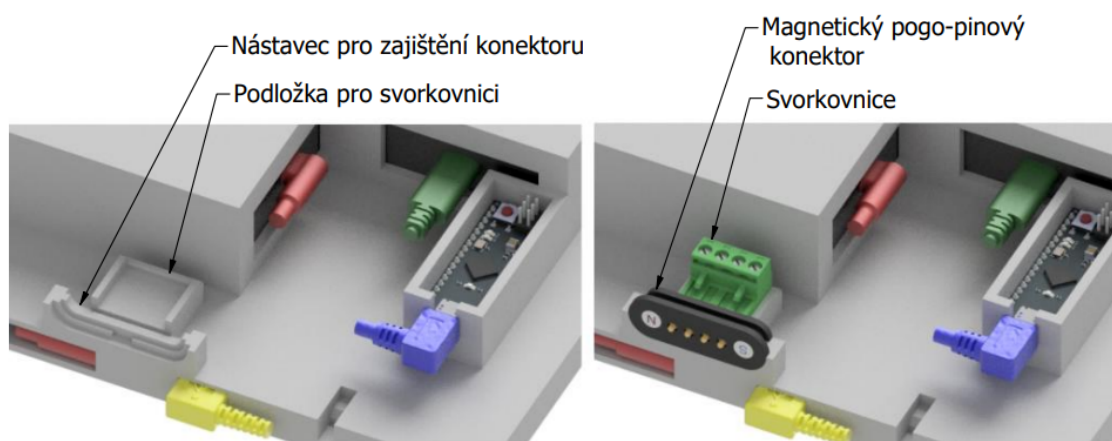
7.2.4 Druhý způsob řešení společného napájení

Při hledání alternativní možnosti řešení jednotného napájení, vyšla na povrch varianta napájení skrze průmyslový konektor. Konkrétně by se mohlo jednat o magnetický tzv. pogo-pinový průmyslový konektor. Díky dvěma magnetům po stranách dosednou obě části konektoru na přesnou pozici. Při dosednutí se piny na jedné straně opřou o kontaktní plochu pinů na straně druhé, přičemž pružina v nich se stlačí a zajistí tak nepřerušovaný kontakt. Tento typ konektoru je na trhu běžný a je možné si vybírat hned z několika variant. Pro napájení tří různých zařízení bude ideální konektor se čtyřmi piny. Tři z nich budou sloužit pro napájení a poslední, čtvrtý, jako společné uzemnění. Na obrázku 7.9 je vidět magnetický pogo-pinový konektor se čtyřmi pogo-piny.



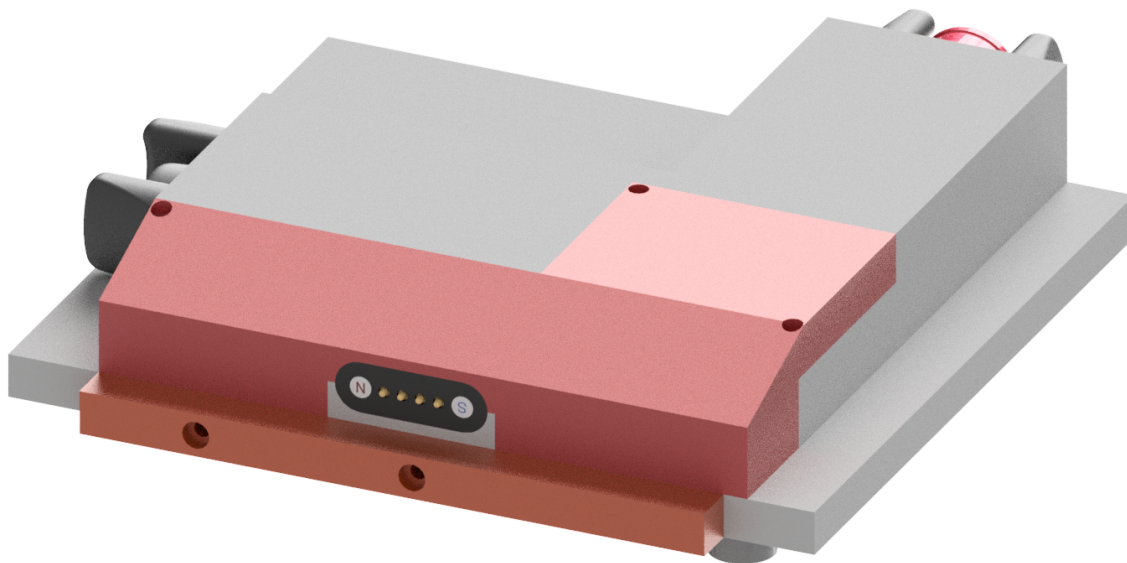
Obrázek 7.9: Magnetický pogo-pinový konektor [9]

Po vybrání ideálního typu konektoru nezbyvá než ho zakomponovat do obalu ovladače. Model nebylo nutné vytvářet, neboť je ke stažení na webu GrabCAD.com [25]. Ideální poloha magnetického konektoru bude na středu ovladače. Pro pevné usazení je v obalu tabletu vytvořen speciální nástavec, který konektor zajistí. Konektor je takto bezpečně usazený. Zbývá vyřešit způsob jeho spojení s napájecími vodiči. Pro jednoduché napojení a odpojení byla jako způsob vybrána svorkovnice, jejíž model byl převzat z GrabCAD.com [10]. Svorkovnice se z jedné strany nasune na piny, a z druhé strany se do ní vloží odhalené vodiče, a zajistí šroubkem. Za nástavec pro konektor se přidá ještě vyvýšení pro svorkovnici. Na obrázku 7.10 je zachycený model obalu nejdříve bez konektoru a svorkovnice, a poté i s nimi v dané pozici.



Obrázek 7.10: Uchycení magnetického konektoru se svorkovnicí

Poloha všech komponentů a konektorů v obalu dálkového ovládání je hotová. Následujícím postupem bude vytvoření krytů pro konektory vedoucí z tabletu a pro zastřešení zadní strany ovladače. Na obrázku 7.10 je ještě možné si všimnout drobných zářezů, které slouží pro vedení kabelů z tabletu. Kryt pro tabletové konektory se zatím vytvoří ve tvaru kvádrů s otvory pro konektory. Jako způsob spojení s obalem budou sloužit dva vruty, které se zapustí do krytu a nebude tím pádem hrozit poranění o jejich ostrou hranu hlavy. Funkce druhého krytu je zastřešení celé zadní oblasti, přičemž je důležité nechat dostatečný prostor pro kabely a zároveň na něm vytvořit šikmou plochu pro lepší zasunutí do dokovací stanice. Uchycení k obalu bude stejné jako u předchozího krytu, tedy pomocí vrutů zapuštěných dostatečně hluboko pro předejití poranění. Na obrázku 7.11 je ukázka finální podoby zadní strany dálkového ovládání bez ergonomických prvků a zaoblení.



Obrázek 7.11: Kryt konektorů tabletu a napájení s magnetickým konektorem

7.2.5 Ergonomické prvky a zaoblení hran dálkového ovlá- dání

Pro začátek se vytvoří zaoblení vnějších hran obalu a obou krytů. Jeho smyslem je nenechat nikde ostrou hranu a zároveň tím přidat na designu celého ovladače. Provedené zaoblení je viditelné na obrázku 7.12, kde vlevo je vizualizace přední strany ovladače a vpravo zadní strana s nápadným zaoblením obou krytů. Pro držení z boku má dálkové ovládání příjemné zaoblení. Pro ještě větší komfort bude ideální přidat další ergonomický prvek, a to ve formě bočních úvazků, podobně jako u SmartPADu od firmy KUKA. Například by to mohli být úvazky na suchý zip pro umožnění přenastavení dle preference operátora. Na obou bocích ovladače se vytvoří dvě díry pro přichycení úvazků k obalu. Na obrázku 7.13 je představení finální podoby přední strany bezdrátového ovládání i s popisy hlavních komponent.



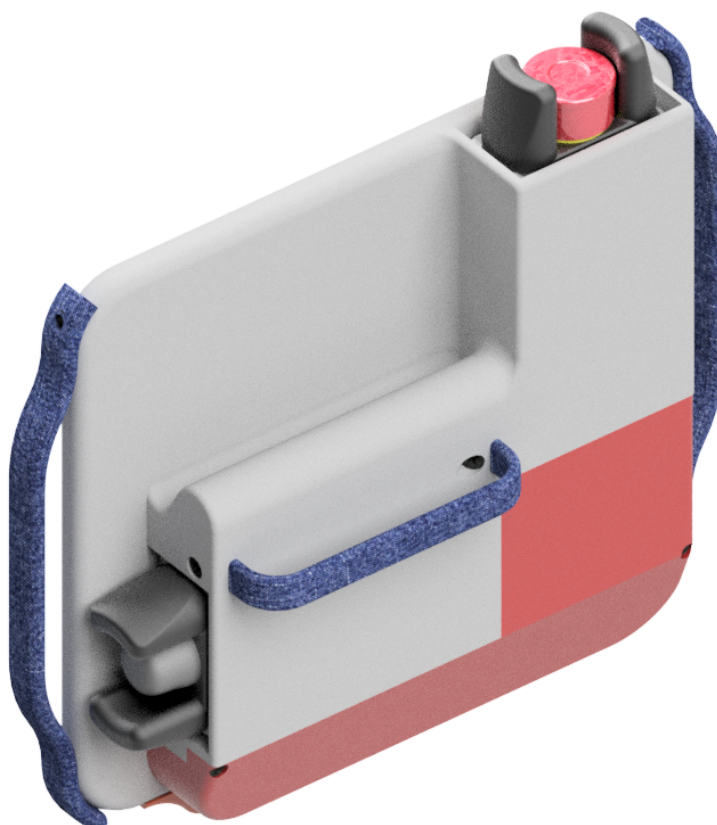
Obrázek 7.12: Zaoblení hran ovladače



Obrázek 7.13: Přední strana ovladače s úvazky

Zbývá přidat poslední ergonomický prvek pro zvýšení komfortu při držení ovladače. Je tím možnost chytit ovladač nejenom z boku, ale také zezadu. Zároveň by bylo výhodné vytvořit na zadní straně takový chyt, aby se při jeho držení mohl rovnou stisknout potvrzovací spínač palcem dané ruky. Tento ergonomický prvek se například vyskytuje na ovládacím zařízení SmartPAD od firmy KUKA. Na jeho zadní straně jsou dva válcovité výstupky, na kterých jsou potvrzovací spínače, a při jejich chycení se tak dají pohodlně stisknout. Dálkový ovladač, který vznikl z této bakalářské práce je však oproti SmartPADu značně menší a podobný válcovitý výstupek by se na jeho zadní stranu nevešel. Pokud by se však potvrzovací spínač měl držet palcem pravé ruky, mohlo by se vytvořit madlo, které by se přichytilo nad box s potvrzovacím spínačem. Při správném zaoblení madla tak bude možné držet celé

dálkové ovládání v jedné ruce a palcem na pravé ruce stisknout potvrzovací spínač. Podobně jako na bocích obalu, i tady je dobré přidat úvazek na suchý zip pro lepší zajištění při držení ovladače jednou rukou. Na obrázku 7.14 je ukázka vymodelovaného madla i s dírami pro přichycení úvazku vruty. Samozřejmě i zde budou obě hlavy vrutů zapuštěné do obalu.



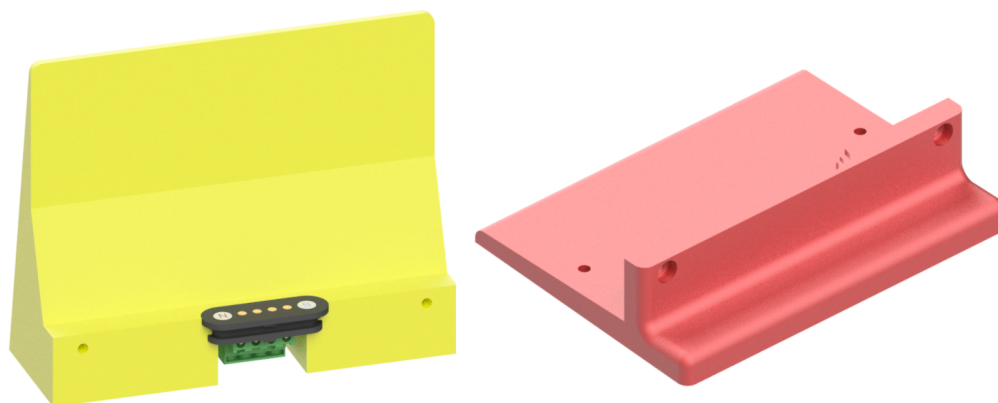
Obrázek 7.14: Madlo na zadní straně pro držení ovládání jednou rukou

7.3 Dokovací stanice

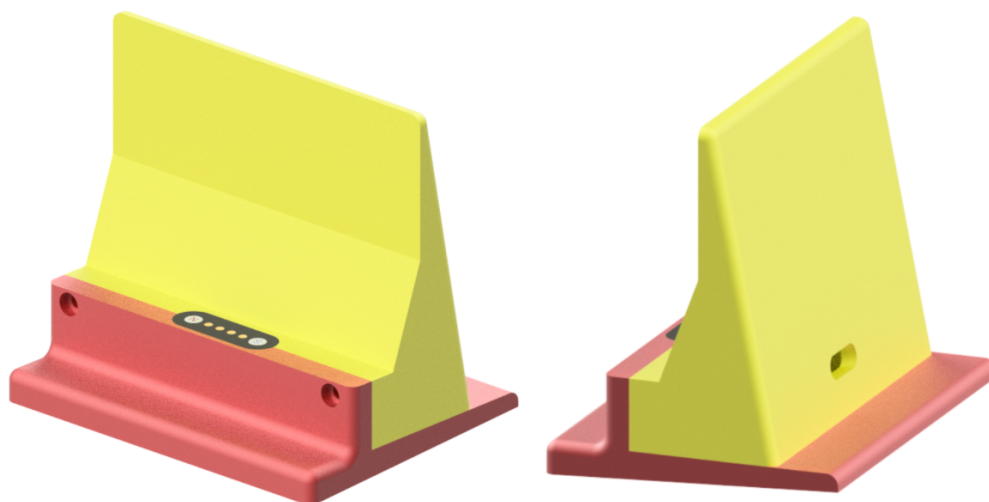
Padl požadavek na vytvoření dvou variant dokovací stanice. První, která se dá například položit na stůl, nebo na jinou vodorovnou plochu. A poté druhá, která se bude dát přidělat na zeď, tedy na plochu svislou. Obě varianty dokovací stanice budou mít společný princip uchycení magnetického pogo-pinového konektoru a svorkovnice. Obě též budou rozděleny na dva díly, které se k sobě připojí pomocí vrutů. Při jejich tvorbě se nechá využít šikmá plocha vytvořená na krytu obalu z předchozí kapitoly. Z pragmatického a designové hlediska je snaha o co nejmenší zakrytí přední strany dálkového ovládání, při uložení do dokovací stanice. Celé zařízení je tak možné například položit na pracovní stůl, nebo přidělat na stěnu, vedle obsluhovaného stroje.

7.3.1 Dokovací stanice na vodorovnou plochu

První díl v sobě obsahuje téměř stejný tvarový výstupek pro uchycení magnetického pogo-pinového konektoru a svorkovnice, jako obal. Uvnitř je ponechán dostatečný prostor na připojení odhalených vodičů ke svorkovnici. Na zadní straně je otvor pro vyvedení kabelů. Při spojení prvního dílu s druhým se magnetický konektor pevně sevře. Zároveň je druhý díl lehce zešíkmený, čímž je celá dokovací stanice nakloněna. To při uložení dálkového ovládání do dokovací stanice napomáhá celkové stabilitě. Na obrázku 7.15 jsou oba díly dokovací stanice i s uloženým magnetickým konektorem. Obrázek 7.16 zachycuje finální podobu dokovací stanice pro uložení na vodorovnou plochu. Díky využití magnetického konektoru není nutné vytvářet dodatečné boční vedení, které by ovladač při zasunutí do stanice přesně navádělo. Na dokovací stanici je díky tomu ušetřen materiál a prospívá to též jejímu konečnému vzhledu.



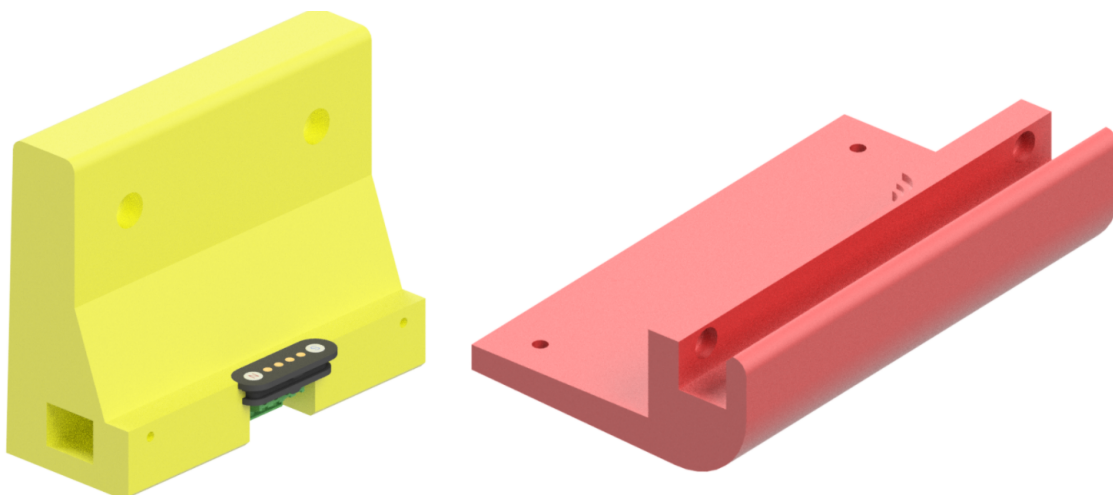
Obrázek 7.15: Vlevo horní díl s magnetickým konektorem a svorkovnicí, vpravo spodní díl s nakloněnou rovinou



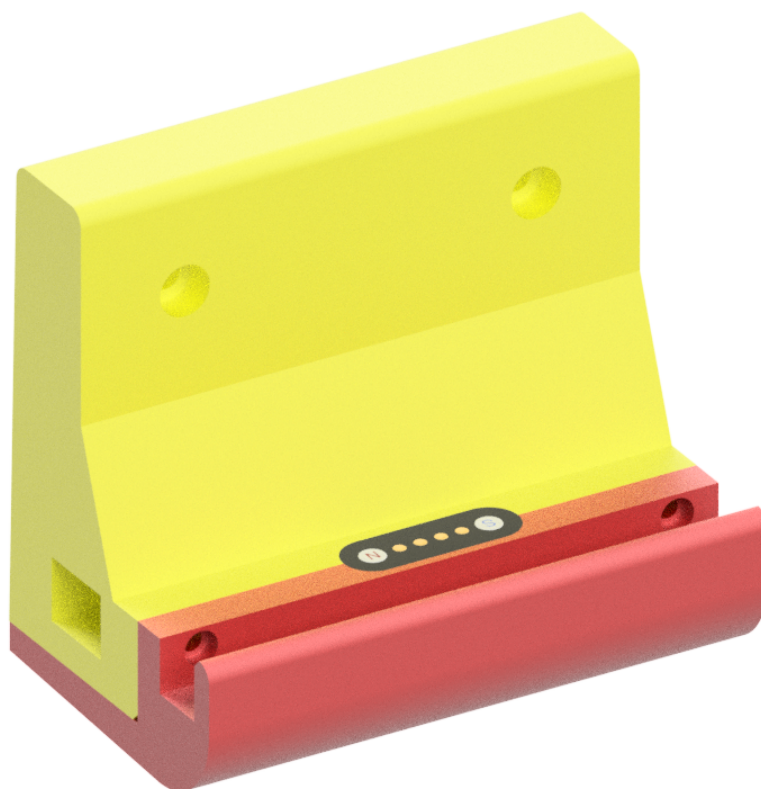
Obrázek 7.16: Dokovací stanice pro uložení na vodorovnou plochu

7.3.2 Dokovací stanice pro uchycení na zeď

Dokovací stanice pro uchycení na zeď je koncipovaná podobně jako její předchozí varianta. Liší však tím, že má vývod pro kabely na boční straně a dále dvě díry pro přidělení ke stěně. Svislá část dokovací stanice je o něco širší pro zajištění dostatečné únosnosti při umísťování ovladače. Její druhá část má vepředu vymodelovaný žlab pro dodatečné zajištění dálkového ovládání. Na obrázku 7.17 jsou zobrazené dva díly dokovací stanice. Vlevo je boční otvor pro výstup kabelů a dvě díry pro přidělení na zeď. Vpravo je spodní část, která disponuje žlabem ,do něhož padne kryt konektorů vedených z tabletu. Celkový vzhled dokovací stanice pro uchycení na zeď zobrazuje obrázek 7.18.



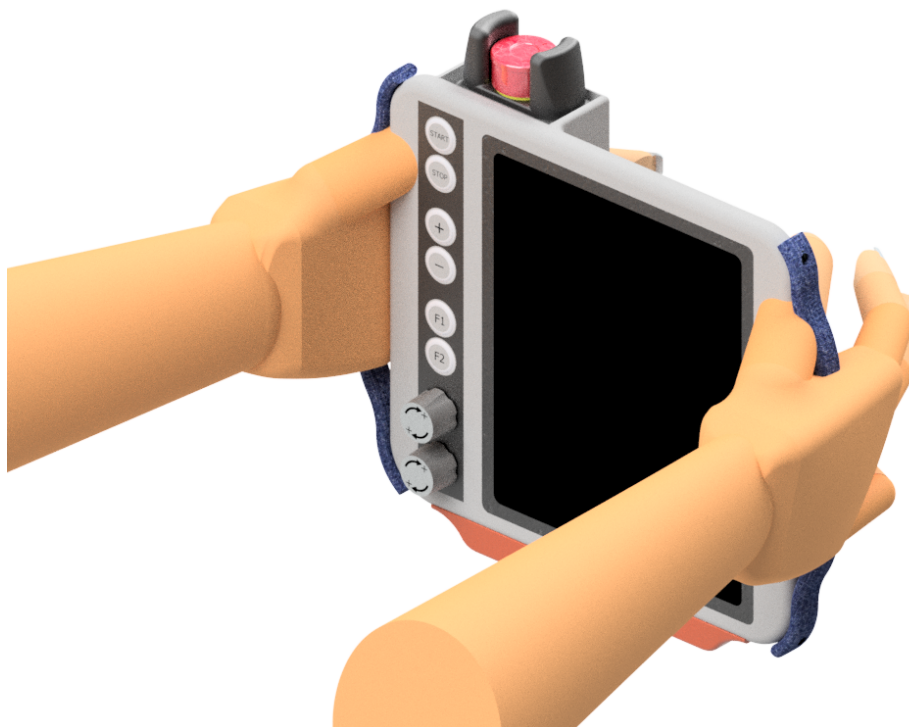
Obrázek 7.17: Vlevo horní díl s magnetickým konektorem a svorkovnicí, vpravo spodní díl se žlabem



Obrázek 7.18: Dokovací stanice pro uchycení na zeď

8 Posouzení ergonomie

Pro posouzení ergonomie byl k ovladači v softwaru Autodesk Inventor přidán model lidských rukou [6]. Na obrázku 8.1 je podoba modelu ovladače takto držného. S prsty a zápěstím není možné hýbat, a proto slouží pouze k velikostnímu porovnání s ovladačem. Lze pozorovat, že vůči lidským rukám je bezdrátový ovladač poměrně malý a kompaktní.



Obrázek 8.1: Model ovladače v porovnání s lidskou rukou

Na obrázku 8.2 už je podoba realizovaného ovladače držného ve skutečných lidských rukách. Je vidět, že palcem levé ruky lze bez problému či komplikací dosáhnout na kterékoliv tlačítko na hardwarové klávesnici. V případě potřeby se s ním dá také stisknout tlačítko nouzového zastavení v levém horním rohu. Pro použití rotačních enkodérů či tabletu, je možné jednoduše držet ovladač z boku v pravé ruce a levou otáčet enkodéry do požadovaného směru, nebo ovládat tablet. Pravý palec má při držení ovladače omezenou možnost ovládání tabletu, nebo jako je tomu na obrázku 8.2 je možné si ho opřít o plochu obalu.



Obrázek 8.2: Posouzení ergonomie vytištěného bezdrátového ovladače

Pro chycení bezdrátového ovladače jednou rukou na zadní straně, bylo vymodelováno madlo pro příjemné uchopení a přidán úvazek pro dostatečnou oporu. Toto zachycuje obrázek 8.3, na kterém je vidět možnost chycení i stisknutí potvrzovacího spínače palcem. Též je možné si všimnout nastavitelnosti úvazků (pomocí suchého zipu) pro rychlé a jednoduché přizpůsobení velikosti ruky. Povrch úvazků je ze strany, která přichází do kontaktu s rukou jemný a neškrábe. Zároveň je úvazek dostatečně široký, aby se do ruky nezařezával.



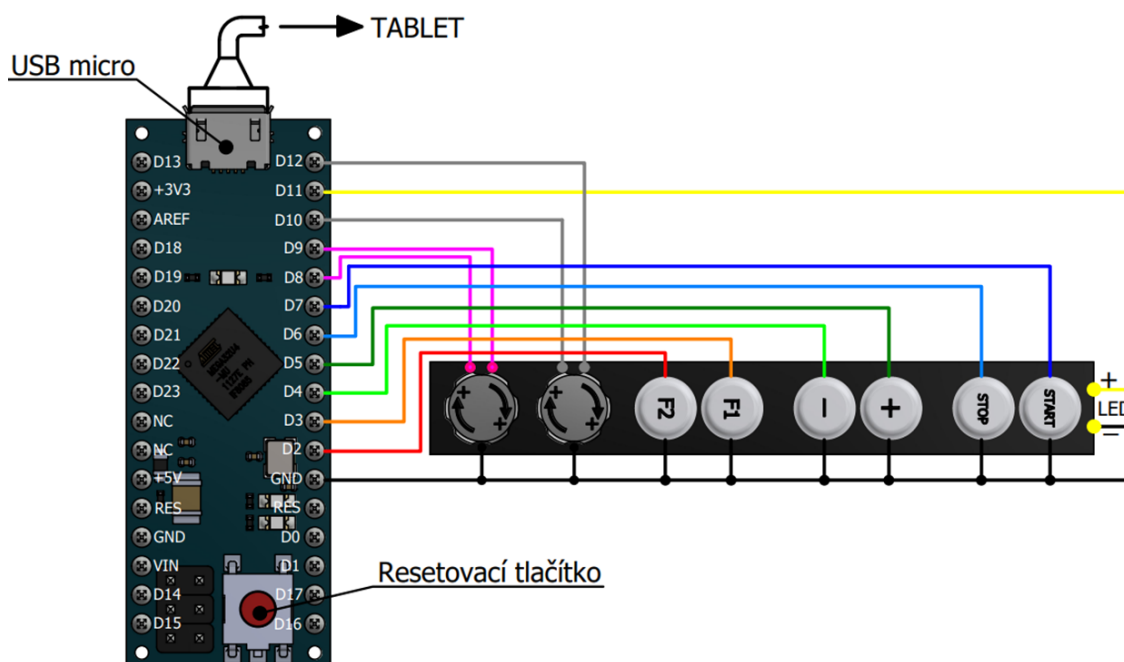
Obrázek 8.3: Možnost chycení ovladače jednou rukou na zadní straně a stisknutí potvrzovacího spínače palcem

9 Schéma zapojení

9.1 Zapojení převodní desky a klávesnice

Na obrázku 9.1 je vyzobrazeno schéma zapojení převodní desky Arduino micro a hardwarové klávesnice. Jednotlivá spínací tlačítka jsou připojena na vlastní digitální pin (barevné znázornění vodičů) a poté na společnou zem (černé znázornění). Oba rotační enkodéry jsou připojeny každý na dva analogové piny pro správné čtení stavu a na GND pin. V případě, že by klávesnice obsahovala podsvícení, by se jeden konec připojil na digitální vstup do Arduino a druhý rovněž na společnou zem. Převodní deska, by se poté pomocí portu USB micro připojila k tabletu, tím bude zajištěn přenos dat z desky společně s napájením.

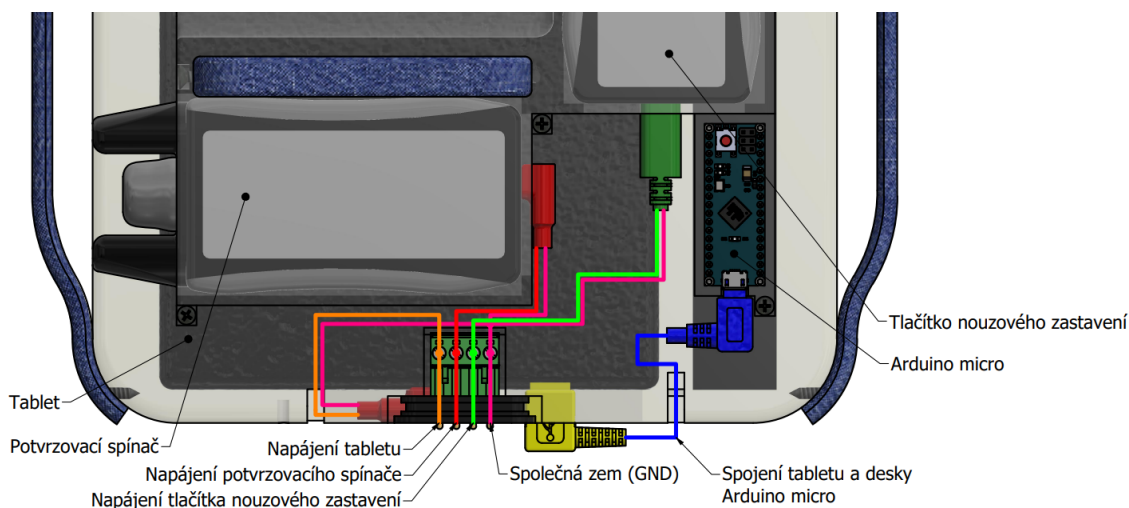
Programování převodní desky Arduino micro by se uskutečnilo v programu Arduino IDE. V něm by se napsal kód pro načtení stavu tlačítek a rotačních enkodérů. Jeho součástí by byla knihovna, díky které by mohla deska komunikovat s tabletem přes sériový port. Kód by se poté do desky nahrál. Dále by se v C# (C Sharp) vytvořila aplikace, která se připojí k sériovému portu a bude číst data posílaná Arduinem. Naprogramování desky však přesahuje rámec této bakalářské práce a je zde pouze uvedeno jako další možný postup při její realizaci.



Obrázek 9.1: Schéma zapojení desky Arduino micro a hardwarové klávesnice

9.2 Schéma zapojení napájecího konektoru

Napájení celého dálkového ovládní se uskutečňuje skrze dokovací stanici. Jak v ovladači tak v ní je zabudovaný magnetický pogo-pinový konektor, jehož magnet zajišťuje přesné dosednutí jednotlivých pinů. Díky pružinám umístěným v každém pinu zvláště je zajištěn nepřetržitý kontakt umožňující tak spolehlivou metodu napájení. Konektor obsahuje čtyři pogo-piny, tři z nich jsou využity pro napájení tabletu, tlačítka nouzového zastavení a potvrzovacího spínače. Poslední tedy čtvrtý slouží jako společná zem pro všechny tři zařízení. Na obrázku 9.2 je barevně znázorněno zapojení napájecích okruhů, včetně propojení převodní desky Arduino micro s tabletem. Oranžově je znázorněn napájecí vodič vedoucí z tabletu, který je skrze svorkovnici připojen na první pin zleva. Vedle něj je na druhý pin připojený červeně značený vodič, který napájí potvrzovací spínač. Na třetí pin je připojen, také pomocí svorkovnice, zelený vodič pro napájení tlačítka nouzového zastavení. Jak již bylo zmíněno, poslední čtvrtý pin slouží jako společná zem. Ze všech tří konektorů jsou svedeny uzemňovací vodiče (vyznačeno růžově), které se setkávají ve svorkovnici a tvoří tak společnou uzemnění. Na obrázku 9.2 je ještě modrou barvou naznačeno propojení převodní desky a tabletu.



Obrázek 9.2: Schéma zapojení napájecích vodičů k magnetickému konektoru

10 Závěr

V této bakalářské práci byla nejdříve uvedena problematika bezdrátového přenosu bezpečnostních signálů dle normy ČSN EN ISO 13849-1. V oblasti ručních ovladačů vybavených bezpečnostními funkcemi byl čtenář seznámen s dostupnými řešeními od několika firem jako například KUKA, Siemens a další. Jednotlivé ruční ovladače byli podrobně rozebrány z konstrukčního, ergonomického a funkčního hlediska a na jejich základě se inspirovalo řešení koncepční schéma vlastního dálkového ovládání.

Po navržení koncepčního schéma proběhl důkladný průzkum dostupných variant bezdrátových bezpečnostních funkcí podléhajících normě ČSN EN ISO 13849-1. Jejich parametry podobně jako výhody a nevýhody, které z nich vyplývají, byly srovnány a na jejich základě proběhl výběr finální verze. I přes relativně vysokou cenu nakonec vyhrála varianta od firmy Tyro Remotes. Hlavním důvodem výběru tlačítka nouzového zastavení a potvrzovacího spínače u této firmy je oproti jejím konkurentům jejich vysílací frekvence 868 MHz. Díky ní se totiž s největší pravděpodobností předejde rušení, což je při dodržení bezpečnostní normy zásadní. Varianty konkurenčních firem se vyrábějí s vysílací frekvencí 2,4 Ghz a 900 MHz. Dle ČTÚ je vysílací frekvence 900 MHz vyhrazena pouze pro mobilní sítě a jakékoliv jiné využití není povoleno. Používat frekvenci 2,4 GHz je sice pro tyto účely povoleno, avšak její využití je až příliš běžné a s vysokou pravděpodobností by docházelo k rušení signálu.

Po předvedení možností bezpečnostních funkcí následoval výběr variant ostatních hlavních komponentů. Funkci převodní desky zastala deska Arduino micro, která je dostatečně kompaktní, jednoduše propojitelná s tabletem a má více než minimální počet digitálních, či analogových pinů pro připojení hardwarové klávesnice s tlačítky a potenciometry. Kvůli příliš specifickým požadavkům na hardwarovou klávesnici, by se nechala dle vytvořeného modelu poptat výroba u firem specializujících se na výrobu fóliových klávesnic na míru. Z možností pořídit nový průmyslový tablet, či využít stávající, byla vybrána možnost využití stávajícího, protože samotný tablet není až na jeho rozměry a pozici portů pro účely této práce nijak důležitý. Dodatečné důvody pro výběr všech hlavních komponentů uvádí shrnutí na konci šesté kapitoly.

Při vytváření modelu dálkového ovládání se jako první vymodelovaly co nejpřesnější podoby jednotlivých komponentů. Dle inspirace z rešeršní části se provedl návrh jejich umístění a vymodeloval základní tvar obalu. Obal se následně přizpůsobil pro

všechny konektory potřebné k propojení a napájení. Byl vymyšlen způsob jednotného napájení za pomoci magnetického pogo-pinového konektoru. Vznikly kryty pro bezpečné uschování konektorů a jiné elektroniky, které byly zároveň tvarově upraveny pro potenciální dosednutí do dokovací stanice. Na konec přišly na řadu ergonomické prvky ve formě úvazků a dodatečných madel pro pohodlné uchycení zařízení i jednou rukou. Po finálním dokončení modelu dálkového ovládání byly vymodelovány dvě varianty dokovací stanice pro uložení na svislou a vodorovnou plochu. Poslední kapitola odhalila schémata zapojení jednotlivých vodičů, a to mezi mezi převodní deskou a hardwarovou klávesnicí a schéma napájení skrze magnetický konektor.

Závěrem je nutno říci, že vznikl návrh bezdrátového mobilního ovladače včetně nakupovaných i vyráběných komponent. Ten byl realizován pomocí maket jednotlivých hlavních komponent vytisknutých na 3D tiskárně, které byly následně vsazeny do též vytisknutého obalu. Proběhlo ergonomické posouzení celého ovladače a zařízení je možné dle návrhu vyrobit, to ale není předmětem této bakalářské práce.

Seznamy

Seznam použité literatury

- [1] "Safety of machinery—Emergency stop function—Principles for design ISO 13850. 2015. vyd.
- [2] *Accessories for HEIDENHAIN controls*. 2024. URL: <https://www.heidenhain.com/products/cnc-controls/accessories> (cit. 30. 04. 2024).
- [3] *ARDUINO MICRO S KONEKTORY*. 2024. URL: <https://www.hwkitchen.cz/arduino-micro/> (cit. 17. 04. 2024).
- [4] Mitchell Barham. *USB 3.0 90 Deg Plug Type A*. 2010. URL: <https://grabcad.com/library/usb-3-0-90-deg-plug-type-a-1> (cit. 02. 05. 2024).
- [5] *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů. ČSN EN ISO 13849-1*.
- [6] Bo Bøgh. *Hand Finger Right Arm digit*. 2015. URL: <https://www.3dcontentcentral.com/Download-Model.aspx?catalogid=171%5C&id=661455>.
- [7] *Connectivity standards alliance*. 2024. URL: <https://csa-iot.org/>.
- [8] Mike D. *USB C Panel Mount. USB C Panel Mount from SparkFun*. 2010. URL: <https://grabcad.com/library/usb-c-panel-mount-1> (cit. 02. 05. 2024).
- [9] *DIY magnetický konektor - 4kolíkové pravoúhlé magnetické konektory - Adafruit 5358*. 2024. URL: <https://botland.cz/konektory-roztec-254-mm/21438-diy-magneticky-konektor-4kolikove-pravouhle-magneticke-konektory-adafruit-5358.html> (cit. 21. 04. 2024).
- [10] Sig Elso. *DEGSON DG103 Series 5.0mm terminal block Pack. DG103-5.0-04P-14-00AH.STEP*. 2020. URL: https://grabcad.com/library/degson-dg103-series-5-0mm-terminal-block-pack-1/details?folder_id=9597587 (cit. 02. 05. 2024).
- [11] *Gemini*. 2023. URL: <https://www.tyroremotes.co.uk/o/receivers/gemini-safe-e-stop> (cit. 17. 04. 2024).
- [12] Honau. *90° angle USB C plug by UGREEN*. 2010. URL: <https://grabcad.com/library/90-angle-usb-c-plug-by-ugreen-1> (cit. 02. 05. 2024).
- [13] *HR 550 FS*. 2024. URL: <https://www.heidenhain.com/products/cnc-controls/accessories> (cit. 30. 04. 2024).

- [14] *INDUSTRY 4.0*. 2024. URL: <https://www.brehmergroup.com/en/services/17/industry-40.html> (cit. 17. 04. 2024).
- [15] *KUKA smartPAD*. 2024. URL: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%5C%C5%5C%BEby/robotick%5C%C3%5C%A9-syst%5C%C3%5C%A9my/%5C%C5%5C%99%5C%C3%5C%ADdic%5C%C3%5C%AD-syst%5C%C3%5C%A9my-robot%5C%C5%5C%AF/smartpad>.
- [16] *Ovládací tlačítková stanice, řada: SIRIUS ACT 10A IP66*. 2010. URL: https://cz.rs-online.com/web/p/ovladaci-stanice/1933726?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A-_-google-_-CSS_CZ_CZ_PMAX_Catch+All-_-_-1933726%5C&matchtype=%5C&%5C&gad_source=1%5C&gclid=CjwKCAjw5v2wBhBrEi-wAXDDoJcRKar0-BuxlGwjZxIjwv9E1VzCtligzeA6nYJtLS-mdJcJSmDn-0RoCZ-MIQAvD_BwE%5C&gclsrc=aw.ds.
- [17] *Plán využití rádiového spektra*. 2018. URL: <https://ctu.gov.cz/plan-vyuziti-radioveho-spektra>.
- [18] Ramsey. *Micro usb right angle connector*. 2010. URL: <https://grabcad.com/library/micro-usb-right-angle-connector-1> (cit. 02. 05. 2024).
- [19] Jan Řehák. „Co je to WiFi - úvod do technologie“. In: (). URL: <https://vyvoj.hw.cz/produkty/ethernet/co-je-to-wifi-uvod-do-technologie.html>.
- [20] *Siemens*. 2009. URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/21331100/safety-two-hand-control-panel-with-integrated-emergency-stop-in-ple-sil-3?dti=0%5C&lc=en-CZ>.
- [21] *Taurus – Wireless Dead Man’s Switch*. 2023. URL: <https://www.tyroremotes.co.uk/o/radio-remote-controls/taurus-wireless-dead-mans-switch> (cit. 17. 04. 2024).
- [22] *Teensy 2.0 ATmega32u4 16MHz 5V*. 2024. URL: <https://www.laskakit.cz/teensy-2-0-atmega32u4-16mhz-5v/%5C#relatedFiles> (cit. 17. 04. 2024).
- [23] *Tech Overview*. 2024. URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/> (cit. 19. 03. 2024).
- [24] *Vehicle Safety Controller*. 2023. URL: <https://www.fortrobotics.com/vehicle-safety-controller> (cit. 17. 04. 2024).
- [25] Vladimir. *Magnetic Pogo Connector (4 Pin)*. 2023. URL: <https://grabcad.com/library/magnetic-pogo-connector-4-pin-1> (cit. 02. 05. 2024).
- [26] *Využívání vymezených rádiových kmitočtů*. 2018. URL: <https://ctu.gov.cz/vyuzivani-vymezenych-radiovych-kmitoctu>.

- [27] Andrew Whitham. *Arduino Micro*. 2012. URL: <https://grabcad.com/library/arduino-micro-1> (cit. 02.05.2024).
- [28] *WIRELESS DEADMAN BUNDLE 2.4GHZ*. 2023. URL: <https://kar-tech.com/purpose-built-systems/wireless-deadman-bundle.html> (cit. 17.04.2024).
- [29] *Wireless E-Stop - Remote Emergency Stop*. 2024. URL: <https://www.fort-robotics.com/wireless-emergency-stop> (cit. 17.04.2024).
- [30] *Wireless E-Stop System*. 2023. URL: <https://kar-tech.com/purpose-built-systems/wireless-e-stop/wireless-estop-system-multiple-receiver.html> (cit. 17.04.2024).
- [31] *Wireless emergency stop (E-stop)*. 2023. URL: <https://www.tyroremotes.co.uk/o/radio-remote-controls/indus-gemini> (cit. 17.04.2024).

Seznam použitého softwaru

1. Autodesk Inventor Professional 2021
2. PrusaSlicer 2.6.0
3. Visual studio Code

Seznam obrázků

Obrázek 4.1	SmartPAD firmy KUKA [15]	16
Obrázek 4.2	Spodní strana SmartPADu s ergonomickými výstupky pro držení jednou rukou a potvrzovacími spínači[15]	16
Obrázek 4.3	Bezdrátový ruční ovladač uFRAME firmy Brehmergroup [14]	17
Obrázek 4.4	Ovládací tlačítková stanice firmy Siemens [16]	18
Obrázek 4.5	Bezdrátové ovládací kolo HR 550 FS [13]	19
Obrázek 5.1	Konceptní schéma dálkového ovládání	20
Obrázek 6.1	Tlačítko nouzového zastavení Indus 1S [31]	23
Obrázek 6.2	Přijímač bezdrátového signálu Gemini [11]	23
Obrázek 6.3	Tlačítko nouzového zastavení firmy Kar-tech [30]	25
Obrázek 6.4	Přijímač bezdrátového signálu firmy Kar-tech [30]	25
Obrázek 6.5	Tlačítko nouzového zastavení firmy FORT Robotics [29]	26
Obrázek 6.6	Přijímač bezdrátového signálu firmy FORT Robotics [24]	26
Obrázek 6.7	Potvrzovací spínač Taurus (Tyro Remotes) [21]	27
Obrázek 6.8	Potvrzovací spínač firmy Kar-tech [28]	28

Obrázek 6.9	Převodní deska Arduino micro [3]	29
Obrázek 6.10	Převodní deska Teensy board 2.0 [22]	29
Obrázek 6.11	Model klávesnice situované do jednoho sloupce	30
Obrázek 6.12	Model klávesnici s tlačítky ve dvou sloupcích	31
Obrázek 7.1	Modely tlačítka nouzového zastavení a potvrzovacího spínače	32
Obrázek 7.2	Model převodní desky Arduino micro a Tabletů Lenovo Miix 320-10ICR	33
Obrázek 7.3	Porovnání reálných rozměrů hlavních komponentů	34
Obrázek 7.4	Pozice hlavních komponentů	35
Obrázek 7.5	Návrh základního tvaru obalu	36
Obrázek 7.6	Popis použitých konektorů	36
Obrázek 7.7	Napájení ovládání skrze USB konektory	37
Obrázek 7.8	Kryt konektorů tabletu (oranžový) a kryt napájení (zelený)	38
Obrázek 7.9	Magnetický pogo-pinový konektor [9]	38
Obrázek 7.10	Uchycení magnetického konektoru se svorkovnicí	39
Obrázek 7.11	Kryt konektorů tabletu a napájení s magnetickým konektorem	40
Obrázek 7.12	Zaoblení hran ovladače	41
Obrázek 7.13	Přední strana ovladače s úvazky	41
Obrázek 7.14	Madlo na zadní straně pro držení ovládání jednou rukou . .	42
Obrázek 7.15	Vlevo horní díl s magnetickým konektorem a svorkovnicí, vpravo spodní díl s nakloněnou rovinou	43
Obrázek 7.16	Dokovací stanice pro uložení na vodorovnou plochu	43
Obrázek 7.17	Vlevo horní díl s magnetickým konektorem a svorkovnicí, vpravo spodní díl se žlabem	44
Obrázek 7.18	Dokovací stanice pro uchycení na zeď	45
Obrázek 8.1	Model ovladače v porovnání s lidskou rukou	46
Obrázek 8.2	Posouzení ergonomie vytištěného bezdrátového ovladače . .	47
Obrázek 8.3	Možnost chycení ovladače jednou rukou na zadní straně a stisknutí potvrzovacího spínače palcem	47
Obrázek 9.1	Schéma zapojení desky Arduino micro a hardwarové klávesnice	48
Obrázek 9.2	Schéma zapojení napájecích vodičů k magnetickému konektoru	49

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

- Sestava bezdrátového ovládání, č. výkr.: BP-001
- Sestava kusovník, č. výkr.: BP-002

Elektronické přílohy

- Bezdrátové_ovládání_zařízení_výrobních_strojů.pdf
- Sestava_bezdrátového_ovládání.pdf
- Sestava_kusovník.pdf
- Dok_stan_vodorov_Hor_dil.step
- Dok_stan_vodorov_Spod_dil.step
- Dok_stan_zed_Hor_dil.step
- Dok_stan_zed_Spod_dil.step
- Hardwarova_klavesnice.step
- Kryt_konektoru_tabletu.step
- Kryt_napajeni.step
- Obal.step
- Sestava_bezdratoveho_ovladani.step
- Tablet_Lenovo.step
- Tyro_potvrzovací_spinac.step
- Tyro_tlacitko_nouzoveho_zastaveni.step
- Uvazek.step
- Uvazek_zadni.step