

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
INFORMATIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Jiří Mrtka

Univerzita Pardubice
Fakulta Elektrotechniky a Informatiky

Automatická třídící linka
Bakalářská práce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jiří Mrtko**
Osobní číslo: **I21055**
Studijní program: **B0714A150008 Automatizace**
Téma práce: **Automatická třídící linka**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je konstrukce sady doplňujících modulů pro laboratorní model dopravníkového pásu. Realizovaná sestava modulů bude umožňovat dávkování, třídění a následné ukládání testovaných objektů. Kritériem pro třídění objektů budou např. mechanické, elektrické, nebo magnetické vlastnosti testovaných objektů (např. hmotnost, tvar, velikost atp.) Ke konstrukci řídicí jednotky zařízení bude použit vybraný typ jednočipového mikropočítače, např. řady ATmega, který může být součástí kompletního vývojového kitu (např. Arduino UNO, DUE, Mini atp.). Ovládání zařízení bude realizováno autonomním řídicím obvodem, pracujícím v režimu řídicího logického systému (Konečného automatu). Pro možnost připojení externího řídicího systému, například PLC automatu, budou realizované moduly disponovat TTL kompatibilními vstupně výstupními obvody.

Teoretická část bude obsahovat rešerši zadaného tématu se zaměřením na hlavní směry konstrukčního řešení srovnatelných elektronických modulů a použitých konstrukčních prvků ve vlastním návrhu.

Praktická část bude zaměřena na podrobný popis konstrukce modulů a jejich testování, včetně příslušného zhodnocení dosažených výsledků. Konstrukční řešení bude zpracováno převážně ve formě 3D modelů, ve vybraném typu návrhového 3D software a následně realizováno s využitím technologie 3d tisku. Firmware mikropočítače bude navržen a realizován ve zvoleném programovacím jazyce pro mikrokontroléry (např. C, C++ atp.).

Nedílnou součástí práce bude i podrobně zpracovaná výrobní dokumentace, zdrojové kódy firmware mikropočítače a uživatelský manuál.

Rozsah pracovní zprávy: **40 – 50 stran A4**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4
MAIXNER, L. a kol., Mechatronika, Brno, Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1299-3
ŠMEJKAL, L., MARTINÁSKOVÁ, M. PLC a automatizace 1, BEN – technická literatura, Praha 1999
MARTINÁSKOVÁ, M., ŠMEJKAL, L. Řízení programovatelnými automaty, skriptum ČVUT FSI, Praha 1998, Praha 2004 – 2.vydání

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 12. ledna 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Automatická třídící linka, jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 17. 05. 2024

Jiří Mrtka. v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářce, Ing. Liboru Havlíčkovi za pomoc nejen při výběru tématu bakalářské práce, ale také za jeho rady v průběhu vypracovávání této práce. Také bych chtěl poděkovat mým kamarádům Dominiku Mrlinovi a Tomu Smlsalovi za jejich ochotu a pomoc při realizaci bakalářské práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat odborníkům z firmy TMT za jejich pomoc při sepisování této práce.

V Pardubicích dne 17.5.2024

Jiří Mrtko

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá sadou doplňujících modulů pro laboratorní model dopravníkového pásu. Tyto moduly umožňují dávkování, třídění a následné ukládání testovaných objektů.

Teoretická část se zabývá popisem elektronických modulů podobných a použitých v této práci.

Praktická část je orientována na celkový návrh a popis konstrukce Automatické třídící linky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická třídící linka, programování, dávkování objektů, Arduino, 3D tisk

TITLE

Automatic sorting line

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with a set of additional modules for a laboratory model of a conveyor belt. These modules allow batching, sorting and subsequent storage of test objects.

The theoretical part deals with the description of the electronic modules similar and used in this thesis.

The practical part is oriented to the overall design and description of the Automatic Sorting Line design.

KEYWORDS

Automatic sorting line, programming, object batching, Arduino, 3D print

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	13
TERMINOLOGIE	14
ÚVOD.....	15
1 Teoretická část	16
1.1 Hlavní směry konstrukčního řešení	17
1.1.1 Mechanické uspořádání	17
1.1.2 Sensory a detekční zařízení.....	17
1.1.2.1 Optické senzory	18
1.1.2.2 Váhové senzory.....	19
1.1.2.3 Ultrazvukové senzory	20
1.1.2.4 Magnetické senzory	20
1.1.2.5 Indukční senzory.....	21
1.1.3 Pohonné a manipulační mechanismy.....	22
1.1.4 Stavba elektrických motorů	22
1.1.5 Druhy elektrických motorů.....	23
1.1.5.1 Stejnoseměrné motory	23
1.1.5.2 Střídavé motory.....	23
1.1.5.3 Asynchronní motory	24
1.1.5.4 Komutátorové motory.....	24
1.1.5.5 Synchronní motory	24
1.1.5.6 Krokové motory	24
1.1.5.6.1 Práce krokového motoru v režimu celého kroku	25
1.1.5.6.2 Řadič krokových motorů	26
1.1.5.6.3 Řízení krokových motorů	26
1.1.5.6.4 Driver pro krokový motor.....	26
1.1.5.6.4.1 H-můstek.....	26
1.2 Řídicí a automatizační systémy	27
1.2.1 Centrální řídicí systém.....	27

1.2.2	Distribuovaný řídicí systém	28
1.2.3	Programovatelné logické automaty	28
1.2.4	Způsoby programování PLC	29
1.2.5	Mikrokontrolery	30
1.2.5.1	Arduino	30
1.2.6	Bezpečnostní opatření	31
1.2.6.1	Bezpečnostní zóny a bariéry	31
1.2.6.2	Bezpečnostní snímače	32
1.2.6.3	Nouzové zastavení tlačítkem stop	32
1.2.6.4	Školení pracovníků	33
1.2.6.5	Pravidelná údržba linky	33
2	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
2.1	Celkový návrh pomocných modulů pro dopravníkový pás	34
2.1.1	Autodesk Fusion 360	34
2.1.2	PrucaSlicer	35
2.1.3	Arduine IDE	35
2.1.4	3D model všech modulů	35
2.1.5	Blokové schéma elektronického zapojení	37
2.1.6	Elektronické zapojení HW celého zařízení	38
2.1.6.1	Senzor detekce barevného spektra	39
2.1.6.2	Koncový doraz a spínač	39
2.1.6.3	Infračervený senzor překážek	40
2.1.6.4	IIC I2C displej LCD 1602, 16 x 2 LCD znaků – Modrý modul	41
2.1.6.5	Driver pro krokové a stejnosměrné pohony L298N	43
2.1.6.6	Krokový motor ORIGINAL PRUSA i3 extruder	44
2.1.6.7	Klon Arduino UNO R3 CH340	45
2.1.6.8	Kolíbkový přepínač	47
2.1.7	Modul pro dávkování objektů	48
2.1.7.1	3D model součástí modulu dávkovače objektů	48
2.1.7.2	Elektronické zapojení HW pro dávkování objektů	49

2.1.8	Modul pro třídění objektů.....	49
2.1.8.1	3D model součástí modulu pro třídění objektů.....	49
2.1.8.2	Elektronické zapojení HW pro třídění objektů.....	50
2.1.9	Modul pro ukládání objektů.....	52
2.1.10	3D model součástí modulu pro ukládání objektů.....	52
2.2	Realizace návrhu.....	52
2.2.1	Vytvoření krabice pro řídicí elektroniku.....	53
2.2.2	3D tisk modulu pro dávkování objektů.....	53
2.2.2.1	Sestavení dávkovače objektů.....	54
2.2.3	3D tisk modulu pro třízení objektů.....	54
2.2.3.1	Sestavení držící konstrukce pro senzor barevného spektra.....	55
2.2.4	3D tisk přepravných krabic.....	55
2.2.5	Kombinace elektronického zapojení HW s modely.....	55
2.2.5.1	Kombinace pro modul dávkovače objektů.....	55
2.2.5.2	Kombinace pro modul třízení objektů.....	57
2.2.5.3	Kombinace krabice s řídicí elektronikou.....	58
2.2.6	Spojení modulů s modelem dopravníkového pásu.....	58
2.3	Kódování automatické třídící linky.....	59
2.3.1	Funkce programu modulu pro dávkovač objektů.....	59
2.3.1.1	Vývojový diagram program modulu pro dávkování objektů.....	61
2.3.2	Funkce programu modulu pro třízení objektů.....	62
2.3.2.1	Vývojový diagram program modulu pro třízení objektů.....	63
2.3.3	Postup při vývoji programu.....	64
	ZÁVĚR.....	65
	POUŽITÁ LITERATURA.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obr. 1.1.2.1.1 - Princip optického snímače	18
Obr. 1.1.2.1.2 - Příklad schématu snímače hmotnosti pro mikrokontrolér Arduino	18
Obr. 1.1.2.2.1 - Příklad schématu snímače hmotnosti pro mikrokontrolér Arduino	19
Obr. 1.1.2.3.1 - Princip funkce ultrazvukového senzoru v praxi	20
Obr. 1.1.2.4.1 - Princip funkce ultrazvukového senzoru v praxi	21
Obr. 1.1.2.5.1 - Indukční senzor s malou vzduchovou mezerou.....	21
Obr. 1.1.4.1 – Příklad vzhledu statoru a rotoru.....	22
Obr. 1.1.5.1.1 - Vnitřní stavba stejnosměrného motoru	23
Obr. 1.1.5.6.1.1 - Princip funkce motoru v režimu celého kroku při dvoufázovém napájení ..	25
Obr. 1.1.5.6.4.1.1 - Schéma zapojení H-můstku.....	27
Obr. 1.2.1.1 - Centralizovaný řídicí systém	27
Obr. 1.2.2.1 - Distribuovaný řídicí systém	28
Obr. 1.2.3.1 - Blokovaná struktura PLC	29
Obr. 1.2.4.1 - Logická funkce ANDN ve čtyřech programovacích jazycích	29
Obr. 1.2.6.1.1 - Praktický příklad využití bezpečnostní zóny	31
Obr. 1.2.6.2.1 - Praktický příklad využití bezpečnostního snímače	32
Obr. 1.2.6.3.1 - Nouzové tlačítko stop.....	33
Obr. 2.1.4.1 - 3D model modulů pro dávkování, třídění a ukládání objektů v programu Fusion 360	36
Obr. 2.1.4.2 - 3D model dopravníkového pásu v programu Designspark Mechanical	36
Obr. 2.1.5.1 - Blokové schéma elektronického zapojení	37
Obr. 2.1.6.1 - Elektronické schéma zapojení HW celého zařízení	38
Obr. 2.1.6.1.1 - Senzor detekce barevného spektra	39
Obr. 2.1.6.2.1 - Koncový doraz a spínač	40
Obr. 2.1.6.3.1 - Infračervený senzor překážek.....	41
Obr. 2.1.6.4.1 - IIC I2C displej LCD 1602, 16 x 2 LCD znaků – Modrý modul	43
Obr. 2.1.6.5.1 - Driver pro krokové a stejnosměrné pohony L298N.....	44
Obr. 2.1.6.6.1 - Použité krokové motory typu nema 17	45
Obr. 2.1.6.7.1 - Klon Arduino UNO R3 CH340.....	46
Obr. 2.1.6.8.1 - Kolíkový přepínač	47
Obr. 2.1.7.1.1 - 3D model součástí modulu dávkovače objektů.....	48
Obr. 2.1.7.2.1 - Elektronické zapojení HW pro dávkování objektů	49
Obr. 2.1.8.1.1 - Model součástí modulu pro třídění objektů.....	50
Obr. 2.1.8.2.1 - Elektronické schéma zapojení HW pro třídění objektů	51
Obr. 2.1.10.1 - 3D model modulu pro ukládání objektů.....	52
Obr. 2.2.1.1 - Krabice pro uložení řídicí elektroniky	53
Obr. 2.2.2.1 - 3D model zásobníku objektů pro jeho realizaci	54
Obr. 2.2.3.1 - 3D model zásobníku objektů pro jeho realizaci	55
Obr. 2.2.5.1.1 - Realizované zapojení dávkovače objektů	56
Obr. 2.2.5.1.2 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci modulu LCD displeje.....	56
Obr. 2.2.5.2.1 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci krokového motoru.....	57
Obr. 2.2.5.2.2 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci senzoru barevného spektra.....	57
Obr. 2.2.5.3.1 - Kombinace krabice s řídicí elektronikou	58
Obr. 2.2.6.1 - Realizovaný návrh pomocných modulů s modelem dopravníkového pásu.	59
Obr. 2.3.1.1 - Část programu dávkovače objektů pro ovládání krokového motoru	60

Obr. 2.3.1.2 - Vývojový diagram programu pro modul dávkovače objektů.....	61
Obr. 2.3.2.1 – Část programu třízení objektů pro inicializaci senzoru barevného spektra.....	62
Obr. 2.3.2.1.1 – Vývojový diagram pro modul třízení objektů	63

Tabulka 1: Specifikace senzoru detekce barevného spektra.....	39
Tabulka 2 Specifikace koncového dorazu a spínače	40
Tabulka 3: Specifikace infračerveného senzoru překážek.....	41
Tabulka 4: Seznam kombinací propojek	42
Tabulka 5: Specifikace modulu IIC I2C displej LCD 1602	42
Tabulka 6 Specifikace driveru L298N.....	43
Tabulka 7: Specifikace krokového motoru.....	44
Tabulka 8: Specifikace klonu Arduino Uno R3 CH340	46
Tabulka 9: Specifikace kolíbkového přepínače	47

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

PLC	programmable logic controller (programovatelný logický automat)
HW	Hardware
CPU	Central Processing Unit
RAM	Random Access Memmory
ROM	Read Only Memmory
I/O	In / Out (vstupy / výstupy)
LED	Light-Emitting Diod (elektroluminiscenční dioda)
M3	jmenovitý průměr šroubu x rozteč šroubu
V	volt (napětí)
Hz	hertz
DC	stejnoseměrný
3D	trojrozměrný prostor
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)
CAM	Computer Aided Manufacturing (počítačem podporované obrábění)
CAE	Computer Aided Engineering (počítačem podporované inženýrství)

TERMINOLOGIE

Slicing – z anglického slice (vrstva). Jedná se o rozdělení modelu pro jeho následný 3D tisk do jednotlivých vrstev.

Pastorek – ozubené kolo

Hřeben – rozvinuté ozubené kolo

ÚVOD

Automatické třídící linky mají široké spektrum aplikací a využití v různých odvětvích. Například v potravinářském průmyslu mohou tyto linky třídit a balit ovoce, zeleninu, maso nebo pečivo. Ve farmaceutickém průmyslu se používají k třídění a balení léků a zdravotnických prostředků. V logistických centrech a distribučních skladech pak umožňují rychlé a efektivní řazení a balení zásilek pro doručení.

Další důležitou vlastností automatických třídících linek je jejich schopnost pracovat s různými druhy materiálů a produktů. Mohou třídit zboží v různých formách, velikostech, tvarech a hmotnostech. Navíc jsou schopny detekovat a vyřadit vadné produkty, což má za následek zvýšení kvality a spolehlivosti výrobního procesu.

Technologické inovace neustále posouvají hranice možností automatických třídících linek. Stále zdokonalující se senzory pro lepší rozpoznání a sledování produktů, roboti pro přesnější a flexibilnější manipulaci s nimi a softwarové systémy pro optimalizaci výrobních procesů.

V neposlední řadě je nutné zdůraznit také ekonomická a environmentální výhody, které automatické třídící linky přinášejí. Díky zvýšené produktivitě a efektivitě mohou firmy dosahovat lepších konkurenceschopností spolu se snižováním ekologické stopy, způsobené minimalizací odpadu a spotřeby energie.

Celkově lze říci, že automatické třídící linky jsou klíčovým prvkem moderní průmyslové výroby a logistiky, který umožňuje firmám dosáhnout vyšší úrovně efektivity, produktivity a konkurenceschopnosti ve svém odvětví.

Ale jak vlastně taková automatická třídící linka by mohla vypadat a jak se vlastně bude chovat? Na toto téma je zaměřena tato bakalářská práce, přičemž se jedná o minimalizovaný model linky, která by na tento princip mohla fungovat i v praxi.

1 Teoretická část

Co je vlastně automatická třídící linka a kde se může využít? Automatická třídící linka je zařízení používané především v průmyslových a logistických provozech k automatickému třídění a rozdělování objektů nebo materiálů podle určitých kritérií. Tato zařízení často využívají různé senzory, robotické manipulátory a počítačové algoritmy ke sledování, identifikaci a řazení objektů na základě jejich barvy, tvaru, hmotnosti, velikosti nebo jiných specifikací.

Pro přepravu jednotlivých objektů mezi různými místy se nejčastěji využívají dopravníkové pásy, které jsou poháněny elektromotory.

Automatické třídící linky se obvykle skládá z několika operací, které se dají rozdělit do několika skupin:

- Zpracování dat

V této fázi se realizuje sběr informací o přepravovaných objektech pro jejich následné třídění. Což zahrnuje buď použití senzorů, kamer nebo jiných detekčních zařízení sloužící k identifikaci vlastností objektů (barva, hmotnost, výška, ...)

- Zpracování a vyhodnocení informací

Po sběru dat z předchozí fáze dochází k zpracování a vyhodnocení. Tím se rozumí analýza obrazu, rozpoznávání vzorců, srovnání s předem definovanými kritérii nebo kódování

- Rozhodovací proces

Na základě informací, které byly zpracovány a vyhodnoceny se dále rozhoduje o správném zařazení objektů do odpovídajících kategorií. Zařazení je provedeno například pomocí algoritmů, strojového učení, logických pravidel nebo jednoduchých podmínek

- Manipulace s objekty

Po zařazení objektů dochází k jejich následné manipulaci. Jinými slovy se jedná o přesun objektů na požadované místo (z dopravníkového pásu do kontejneru, z dopravníkového pásu na jiný dopravníkový pás, ...).

- **Kontrola a řízení procesu**

Během celého procesu třídění probíhá kontrola a řízení chodu linky. Do toho se zahrnuje monitorování senzorů a zařízení, detekce chyb nebo neobvyklých situací a přijímání odpovídajících opatření k řešení problémů.

Tyto operace mohou být prováděny sériově nebo paralelně podle konkrétních požadavků a návrhu daného systému automatické třídící linky. Každá fáze je důležitá pro správné a účinné fungování celého procesu třídění.

1.1 Hlavní směry konstrukčního řešení

Pro efektivní a spolehlivý provoz automatických třídících linek jsou zahrnovány různé aspekty, které jsou pro tento typ provozu klíčové. Níže bude uvedeno několik hlavních směrů, které jsou často zkoumány a implementovány.

1.1.1 Mechanické uspořádání

Jedním z hlavních aspektů je konstrukce fyzického uspořádání třídící linky. Jinými slovy tím rozumíme fyzické rozmístění dopravníkových pásů, manipulačních zařízení a dalších zařízení použitých v celkovém návrhu třídící linky.

V praxi je toto hledisko velmi důležité z důvodu ušetření nákladů na sestavení návrhu linky a zároveň zefektivnění procesu třídění.

Návrh mechanického uspořádání se provádí v návrhovém 3D softwaru (například Fusion360, AutoCAD, ...).

1.1.2 Sensory a detekční zařízení

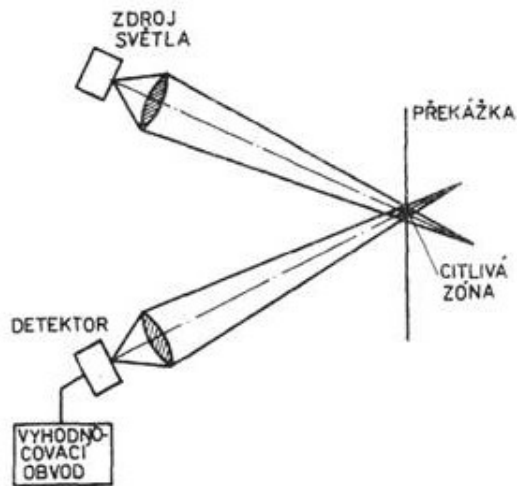
Dalším důležitým aspektem automatických třídících linek jsou senzory a detekční zařízení určené pro detekci informace o přepravovaném objektu na základě které má dojít k roztřídění přepravovaného objektu.

Senzor – podle nejobecnější definice součástka nebo modul, který je schopen přijmout určitý fyzikální nebo chemický impulz a převést jej na užitečný výstupní signál, který lze následně měřit, interpretovat nebo zpracovat a získat tak informace o vlastnostech (např. intenzitě) tohoto impulsu. (BOTLAND, 2023)

Správná volba senzorů je klíčová pro správné fungování třídící linky

1.1.2.1 Optické senzory

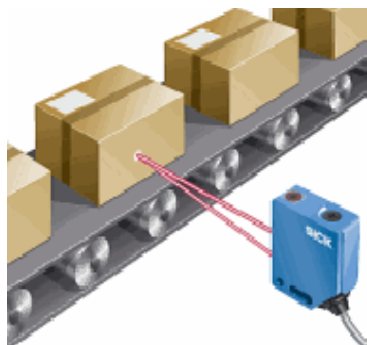
Optické snímače fungují na principu přijímače a vysílače, kdy dochází k přerušení vysílaného paprsku a následnému vyhodnocení. (KOTLIN, 2024)



Obr. 1.1.2.1.1- Princip optického snímače
(HOME, 2024)

Případy použití optických senzorů:

- Schopnost detekování objektů na velké vzdálenosti
- Snímání objektů, které se pohybují
- Schopnost detekování přítomnosti objektu na správné pozici
- Zdroj signálu pro čítání objektů
- Detekce naplnění nebo vyprázdnění zásobníku
- Kontrola velikosti



Obr. 1.1.2.1.2 - Příklad schématu snímače hmotnosti pro mikrokontrolér Arduino
(HOME, 2024)

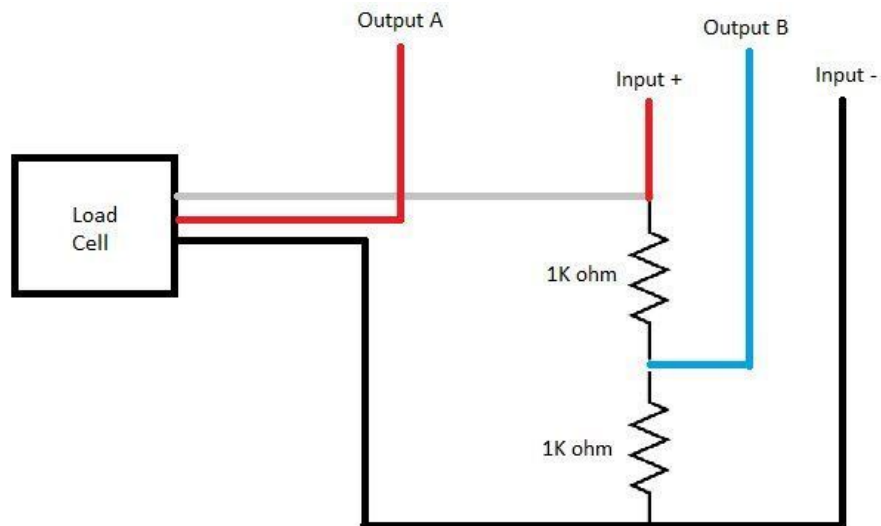
Včetně kamer, fotoelektrických senzorů a laserových senzorů. Optické senzory jsou často používány pro jejich schopnost identifikace objektů na základě jejich vlastností, jako jsou barva, tvar nebo textura.

1.1.2.2 Váhové senzory

Váhové senzory jsou zařízení, která mění mechanickou sílu na elektrický signál, který lze snadno zpracovat a zobrazit. (LÁSKAKIT, 2024)

Princip funkce spočívá v jejich konstrukci tvořené kovovým jádrem a sítím rezistorů. Rezistory změni svoji aktuální hodnotu při zaregistrování síly aplikované na čidlo (hmotnost předmětu).

Jsou využívány k měření hmotnosti objektů a třídění podle hmotnosti, což je užitečné například pro balení potravin, dopravu, dávkování materiálů, recyklační procesy a podobně.

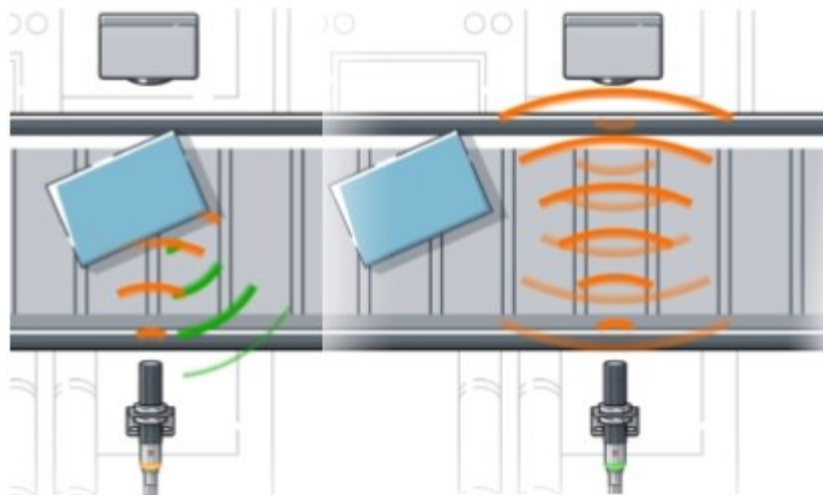


Obr. 1.1.2.2.1 - Příklad schématu snímače hmotnosti pro mikrokontrolér Arduino zdroj, autor

1.1.2.3 Ultrazvukové senzory

Ultrazvukové senzory fungují na principu měření doby průletu. Senzory vypočítávají dobu mezi odesláním a přijetím odraženého zvukového signálu. (IFM, 2024)

Jejich hlavní výhodou je, že na rozdíl od optických senzorů jejich výpočet není ovlivněn vlastnostmi snímaného objektu. Tím se rozumí například povrch, který je lesklý, strukturovaný, průhledný, kde by optický senzor měl potíže s jeho správnou funkcí.



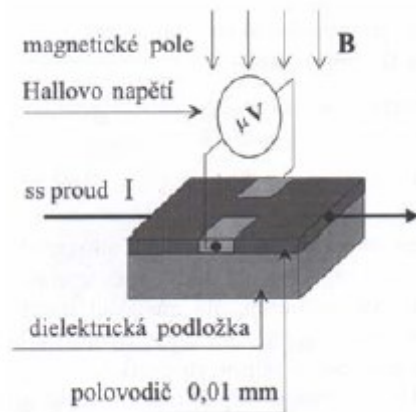
Obr. 1.1.2.3.1 - Princip funkce ultrazvukového senzoru v praxi
(IFM, 2024)

1.1.2.4 Magnetické senzory

Tyto snímače reagují na magnetické pole. Protikusem snímače musí být zdroj magnetického pole, tzn. Magnet nebo elektromagnet. (KOTLIN, 2024)

Senzory mají široké spektrum aplikací díky své schopnosti detekovat a měřit magnetická pole různých typů a intenzit. Používají se k detekci magnetických materiálů nebo objektů s magnetickými vlastnostmi, což může být užitečné například pro třídění kovových materiálů.

Jedním z nejznámějších magnetických senzorů je snímač s Hallovoou sondou. Sonda je polovodičová součástka, která je řízená magnetickým polem. Princip tohoto snímače spočívá ve využívání Hallova jevu. Který popisuje vznik elektrického napětí v materiálu vystaveném magnetickému poli. V tomto případě, pokud je sonda vystavena magnetickému poli, poté se v ní začne vytvářet elektrické napětí.



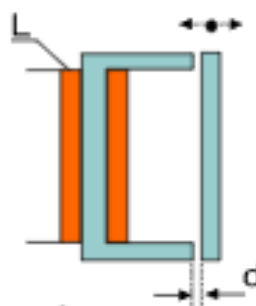
Obr. 1.1.2.4.1 - Princip funkce ultrazvukového senzoru v praxi
(KOUTNÝ, 2009)

1.1.2.5 Indukční senzory

Takovéto senzory detekují blízkost nebo přítomnost kovového objektu bez fyzického kontaktu. Principem fungování indukčních senzorů je využití změn elektromagnetického pole, které vzniká, když se kovový objekt nachází v blízkosti senzoru.

Senzory s indukčnostními principy využívají nejčastěji změny indukčnosti přes změny magnetického toku, některé i přes změny permeability. (HRUŠKA, František)

Příkladem takovýchto senzorů jsou senzory s malou vzduchovou mezerou na obr. 1.2.2.5, kde jádro senzoru připomínající písmena U, a I je odděleno vzduchovou mezerou d .



Obr. 1.1.2.5.1 - Indukčnostní senzor s malou vzduchovou mezerou
(HRUŠKA, František)

Jsou využívány pro detekci již zmíněných kovových objektů na základě změn v elektrickém poli, což může být užitečné pro sledování pohybu kovových součástí v linkách.

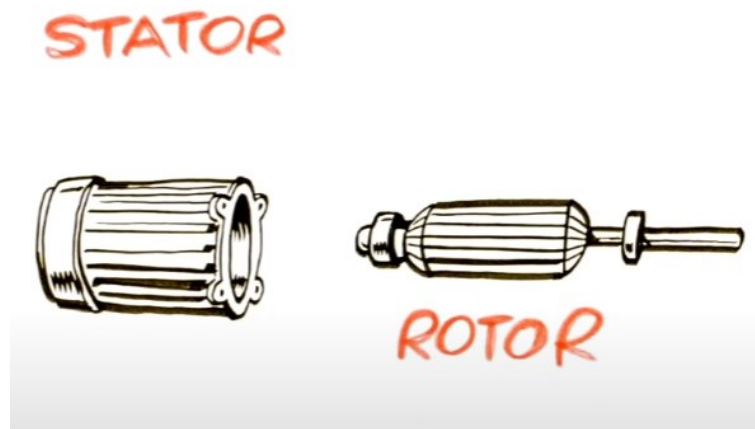
1.1.3 Pohonné a manipulační mechanismy

Jak se vlastně dokáže pás uvést do pohybu nebo díky čemu se hýbe překládací robot, vlastně co stojí za veškerým pohybem jednotlivých částí těchto linek? Správnou odpovědí jsou například elektrické motory.

Motory jsou zařízení, měnící elektrickou energii v mechanickou. Představují tedy elektromechanické měniče energie. Mohou být připojeny ke střídavému nebo stejnosměrnému zdroji elektrické energie – jedná se o střídavé nebo stejnosměrné motory. (Roubíček, 2004)

1.1.4 Stavba elektrických motorů

Motor má pevný stator a pohyblivý rotor, mezi nimiž je vzduchová mezera. Statorem bývá obvykle vnější část motoru, rotor, uložený na ložiskách, se v ní otáčí. Ve speciálních případech se vyskytuje i uspořádání opačné, kdy rotuje vnější část motoru. Hřídel motoru může být horizontální nebo vertikální. (Roubíček, 2004)



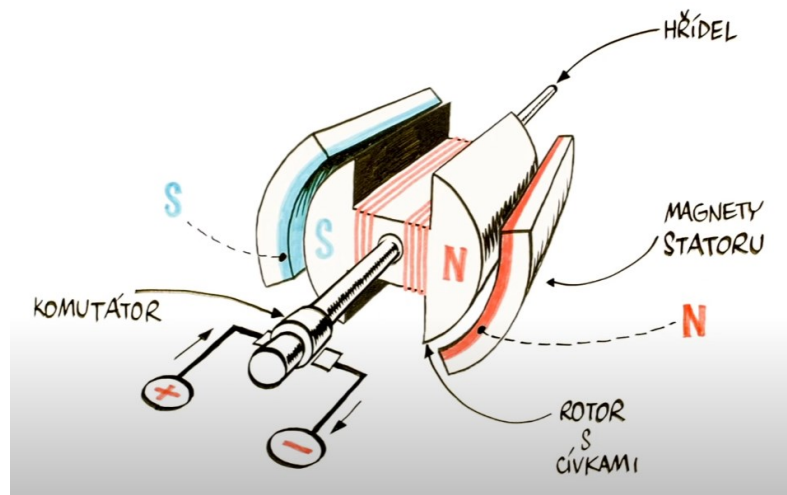
Obr. 1.1.4.1 – Příklad vzhledu statoru a rotoru

(Otevřená věda, 2017)

1.1.5 Druhy elektrických motorů

1.1.5.1 Stejnosměrné motory

Stejnosměrné motory jsou motory pracující se stejnosměrným proudem, permanentními magnety a komutátorem (slouží k přepínání proudu v cívkách kotvy). Elektrický proud je přiveden na kotvu (rotační část, umístěna uvnitř magnetického pole motoru), kolem ní začne vznikat elektromagnetické což má za následek interagování s magnetickým polem permanentních magnetů statoru, a to vede k otáčení. Komutátor mění směr proudu v synchronizaci s otáčkami kotvy a tím tak udržuje sílu působící na kotvu v jednom směru.



Obr. 1.1.5.1.1 - Vnitřní stavba stejnosměrného motoru
(Otevřená věda, 2017)

1.1.5.2 Střídavé motory

Tyto motory na rozdíl od těch stejnosměrných pracují se střídavým proudem. Elektrický proud je zde přiveden na vinutí statoru, což má za následek vznik proměnlivého elektromagnetického pole, které indukuje proudy v rotoru. Tyto proudy v rotoru vytvářejí své vlastní magnetické pole, které interaguje se statorovým polem. Tato interakce mezi státorem a rotorem způsobí otáčení rotoru.

1.1.5.3 Asynchronní motory

Asynchronní motory stejně jako ty synchronní pracují se střídavým proudem. Také zde dochází po přivedení elektrického proudu na vinutí statoru, k magnetické indukci proudů v rotoru, které působí na pole statoru. Hlavní vlastností těchto motorů je však nesynchronizování otáček s frekvencí přírodního střídavého proudu. Rotor se otáčí mírně nižší rychlostí než synchronní rychlost (rychlost otáčení při jeho synchronizování). Díky této asynchronnosti může motor efektivně pracovat při různých zatíženích a pod různými podmínkami

1.1.5.4 Komutátorové motory

Jedná se o typ stejnosměrného motoru, který využívá komutátor k přepínání směru proudu v kotvě. Ta je umístěna uvnitř statoru tvořeného permanentními magnety. Procházející elektrický proud kotvou vytváří elektromagnetické pole na které působí magnetické pole permanentních magnetů, a to má za následek vyvolání otáčení rotoru.

1.1.5.5 Synchronní motory

Princip fungování těchto motorů spočívá v střídavém proudu procházejícím vinutím statoru, což má za následek vznik střídavého magnetického pole. Toto magnetické pole indukuje proudy v rotoru, které vytváří další magnetické pole. Tyto dvě pole musí být synchronizovány, aby došlo k otáčení motoru. Jinými slovy jejich frekvence a fáze střídavého proudu musí být přesně synchronizovány s otáčkami motoru.

Synchronizačních vlastností motoru je možno s výhodou využít při pohánění skupiny pístových strojů. (Roubíček, 2004).

1.1.5.6 Krokové motory

Krokový motor je typ elektromotoru, který se při každém elektrickém impulzu otáčí o přesně stanovený úhel. Toho je dosaženo tím, že krokový motor se skládá z několika elektromagnetů, které přitahují kovové části, tzv. rotory, a tím je nutí otáčet se. (BOTLAND, 2023)

1.1.5.6.1 Práce krokového motoru v režimu celého kroku

Princip práce krokového motoru v režimu celého kroku je ilustrován na obr. 1.1.5.6.1.1

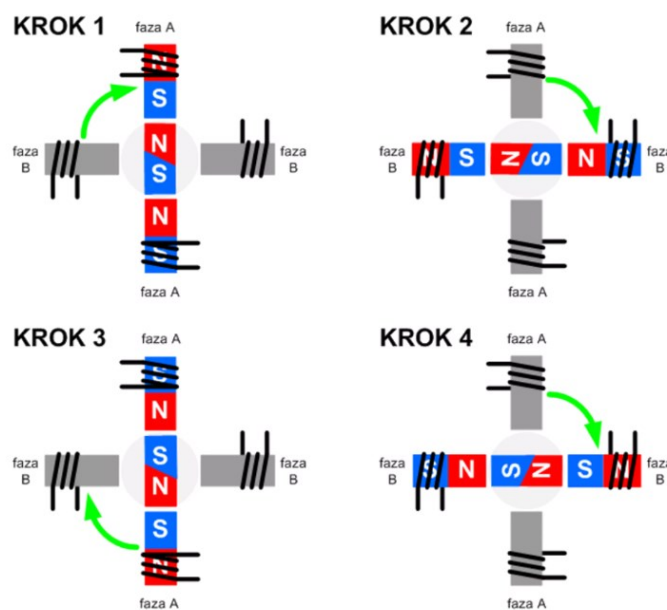
v tomto režimu se motor otáčí o úhel daný jeho konstrukcí, který může být např. $1,8^\circ$. Jak lze snadno spočítat, je v takovém případě nutné provést pro úplné pootočení 200 kroků. (TME, 2024)

V (1) je uveden vztah pro výpočet pootočení kroků

$$\text{pootočení} = \text{úhel otočení} * \text{počet kroků} \quad (1)$$

V (2) je uveden příklad použití vztahu v (1)

$$360^\circ = 1,8^\circ * 200 \quad (2)$$



Obr. 1.1.5.6.1.1 - Princip funkce motoru v režimu celého kroku při dvoufázovém napájení

(TME, 2024)

Krok hřídele se provede po napájení jedné nebo dvou cívek. Práce s napájením jedné cívky vyžaduje minimální výkon driveru. Při dvoufázové práci, napájení cívek ležících naproti sobě, je požadován dvakrát větší výkon napájecího proudu, ale za to roste také rychlost a kroutící moment. (TME, 2024)

1.1.5.6.2 Řadič krokových motorů

Současné řadiče krokových motorů se realizují na základě číslicových obvodů, které ovládají drivery zvyšující zatížitelnost výstupů. Obvykle v takovém řadiči najdeme mikrokontrolér, i když ne vždy, jelikož bez větších obtíží lze takový řadič sestavit z hradel a klopných obvodů. (TME, 2024)

U některých řadičů lze proud protékající vinutím regulovat pomocí průběhu PWM, přičemž směr otáčení a řízení kroků se provádí pomocí pravúhlých průběhů. (TME, 2024)

1.1.5.6.3 Řízení krokových motorů

Řízení krkového motoru začíná generováním posloupnosti impulsů, které jsou posílány do motoru. Tyto impulsy jsou generovány řídicím zařízením, jako je například mikrokontrolér, PLC nebo speciální řídicí jednotka.

Pro správné řízení krokových motorů je nutné je propojit s příslušným řadičem, jehož výběr je nutné zvolit v závislosti na vlastnostech motoru. Tyto motory lze také řídit za pomoci využití Arduina spolu s driverem motoru.

1.1.5.6.4 Driver pro krokový motor

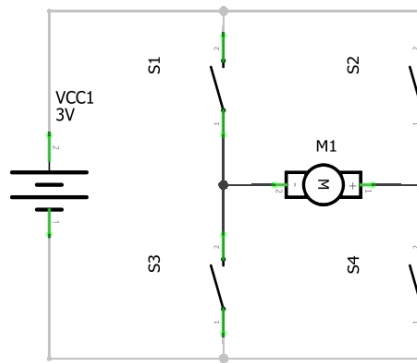
Driver neboli budič, je využíván k řízení krokových motorů. Jejich hlavní funkcí je dodávat proud a napětí v správných cyklech do krokového motoru pro vyvolání jeho pohybu.

Jedním z druhem driverů je H-můstek, který je použit v návrhu automatické třídící linky v této bakalářské práci.

1.1.5.6.4.1 H-můstek

Je elektronický obvod používaný k řízení směru otáčení a rychlosti stejnosměrného motoru nebo jiného zařízení. Tento obvod umožňuje změnu polarity napájení pro změnu směru otáčení motorů.

Schéma zapojení H – můstku je na obrázku níže. Pro spuštění motoru v jednom směru se aktivují kombinace spínačů S1, S4 a pro reverzaci otáčení motoru S2, S3.



Obr. 1.1.5.6.4.1.1 - Schéma zapojení H-můstku

(Drátek, 2024)

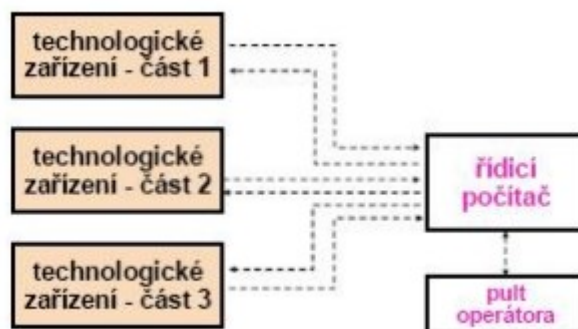
1.2 Řídicí a automatizační systémy

Takovéto systémy jsou klíčovou součástí současných průmyslových prostředí, jelikož slouží k zvyšování rychlosti, bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity jednotlivých operací prováděných v těchto průmyslech.

Máme několik druhů těchto systémů, které jsou níže uvedeny a vysvětleny.

1.2.1 Centrální řídicí systém

U centralizovaného řízení se používá jediného řídicího počítače pro řízení celého procesu. Jsou to systémy zahrnující centrální počítačovou jednotku nebo řídicí zařízení, které slouží k řízení a monitorování průmyslových procesů a zařízení z jednoho místa.



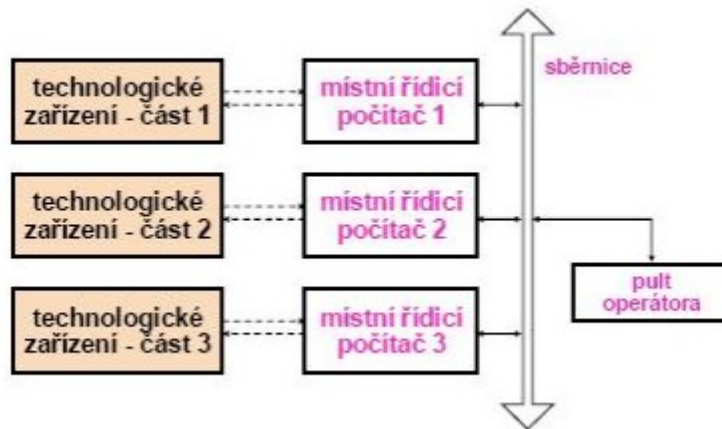
Obr. 1.2.1.1 - Centralizovaný řídicí systém

(OTČENÁŠEK, 2008)

V současné době tyto řídicí systémy se využívají pouze v menších aplikacích.

1.2.2 Distribuovaný řídicí systém

Oproti centralizovaným systémům, kde řízení probíhá z jednoho místa, distribuované řídicí systémy využívají naopak decentralizaci řízení. Jinak řečeno, jedná se o řízení z více míst, které spolu mezi sebou komunikují skrze sběrnici (toto je znázorněné na obr. 1.2.2.1 níže) pro dosažení společných cílů a úkolů.



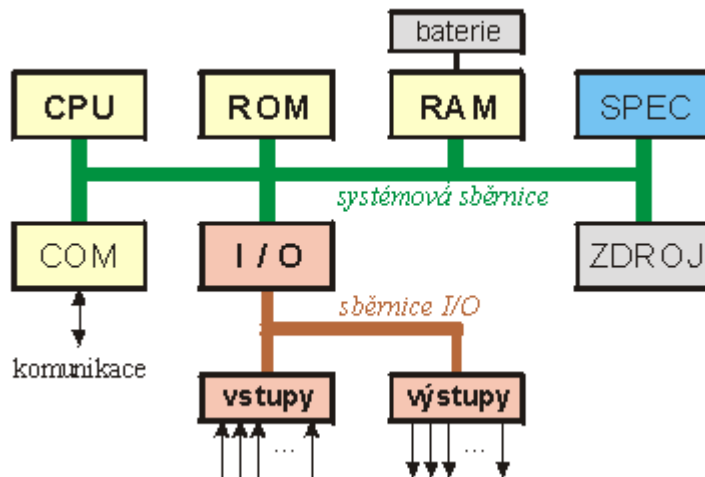
Obr. 1.2.2.1 - Distribuovaný řídicí systém

(OTČENÁŠEK, 2008)

Uplatňují se ve velké škále průmyslových aplikací, včetně výrobních procesů, energetiky, dopravy a dalších oblastí. Jsou vhodné pro prostředí, kde je potřeba vyšší míra flexibility, spolehlivosti a dostupnosti provozu.

1.2.3 Programovatelné logické automaty

Známý také jako programovací řídicí jednotky, jsou elektronická zařízení používané k automatizaci průmyslových procesů. Jedná se o robustní řídicí systém, který přijímá vstupní signály ze senzorů a provádí logické a časové operace na základě programu, který je naprogramován do jeho paměti. PLC poté generují výstupní signály pro ovládání akčních prvků jako jsou motory, ventily, relé, čerpadla a tak dále.



Obr. 1.2.3.1 - Bloková struktura PLC
(VSCHT, 2024)

1.2.4 Způsoby programování PLC

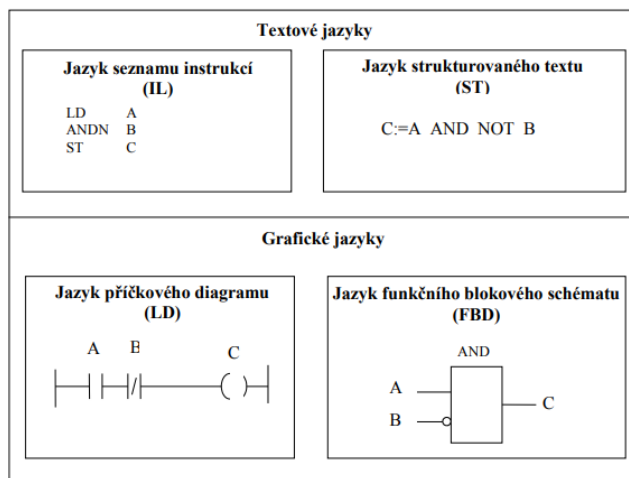
Programování PLC lze provádět různými způsoby v závislosti na preferencích uživatele, typu PLC a požadavcích konkrétní aplikace.

Mezi nepoužívanější textové jazyky patří:

- Instruction List (IL)
- Structured Text (ST)

Mezi nepoužívanější grafické jazyky patří:

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block diagram (FBD)



Obr. 1.2.4.1 - Logická funkce ANDN ve čtyřech programovacích jazycích
(CVUT, 2009)

LD – Ladder diagram – jazyk příčkového diagramu – má původ v USA. Je založen na grafické reprezentaci reléové logiky. (CVUT, 2009)

IL – Instruction List – jazyk seznamu instrukcí – je jeho evropský protějšek. Jako textový jazyk připomíná assembler. (CVUT, 2009)

FBD – Function Block Diagram – jazyk funkčního blokového schématu – je velmi blízký procesnímu průmyslu. Vyjadřuje chování funkcí, funkčních bloků a programů jako soubor vzájemně provázaných grafických bloků, podobně jako v elektronických obdobných diagramech. Je určitý systém prvků, které zpracovávají signály. (CVUT, 2009)

ST – Structured Text – jazyk strukturovaného textu – je velmi výkonný vyšší programovací jazyk, který má kořeny ve známých jazycích Alda, Pascal a C. Obsahuje všechny podstatné prvky moderního programovacího jazyka, včetně větvení (IF- THEN- ELSE a CASE OF) a iterační smyčky (FOR, WHILE a REPEAT). Tyto prvky mohou být vnořovány. Tento jazyk je vynikajícím nástrojem pro definování komplexních funkčních bloků, které pak mohou být použity v jakémkoliv jiném programovacím jazyku. (cvut, 2009)

1.2.5 Mikrokontrolery

Mikrokontroler je jednočipový počítač, který můžeme různě naprogramovat. Používá CPU, RAM, ROM a I/O (vstupy/výstupy) mikroprocesor v jednom čipu. (zonepi, 2024)

Mikrokontrolery se mohou stejně jako PLC v menších aplikacích využívat k řízení a automatizaci procesů v průmyslu, ale také se využívají například ve spotřební elektrotechnice.

Jedním zástupcem z řad mikrokontrolerů je například Arduino.

1.2.5.1 Arduino

Arduino je malá otevřená elektronická platforma, založená na jednoduché počítačové desce (hardware) a vývojovém prostředí, které slouží k tvorbě software. (hwkitchen, 2024)

Jsou založeny na mikrokontrolerech ATmega od firmy Atmel. Deska ze vstupů, na které jsou připojeny například snímače a senzory, získává informace na základě, kterých vyhodnotí, co se má stát na výstupech této desky (rozsvícení LED, aktivace motoru, ...)

Programování se uskutečňuje za pomoci programovacích jazyků jimiž jsou C, C++ a Jazyk symbolických adres.

Arduino tvoří v podstatě mikrokontrolér, krystal, napájecí zdroj 5V a převodník pro komunikaci s počítačem. Podle požadované funkce (např. ovládání motorů, displeje nebo bezdrátového modulu) vašeho Arduino produktu využijete širokou škálu rozšiřujících desek pro Arduino. Tyto desky označujeme jako Arduino Shildy. (hwkitchen, 2024)

Výhody desek Arduino:

- Nízké náklady na výrobu oproti ostatním platformám.
- Software Arduino funguje na operačních systémech Windwos, Lunux, Macintosh a OSX
- Snadné programovací prostředí
- Dostatečná flexibilita
- Programování pomocí jazyků C++, AVR C nebo AVR-C

1.2.6 Bezpečnostní opatření

Nejméně zanedbávaným aspektem u automatických třídících linek musí být bezpečnostní opatření sloužící k ochraně pracovníků a samotného procesu třídění.

1.2.6.1 Bezpečnostní zóny a bariéry

Tím se rozumí takové zóny, které jsou v okolí linky, kde mají pracovníci buď omezený nebo přímo zakázaný přístup kvůli velkému nebezpečí úrazu. Tím se tak docílí použitím fyzických bariér, jakož jsou například ploty, zábrany nebo jenom ohraničení prostoru žlutočerným pruhovaným vzorem jež je znázorněn na obr. 1.2.6.1.1, kde je zároveň zvýrazněný nebezpečný prostor červenou barvou a pracovní prostor barvou žlutou.

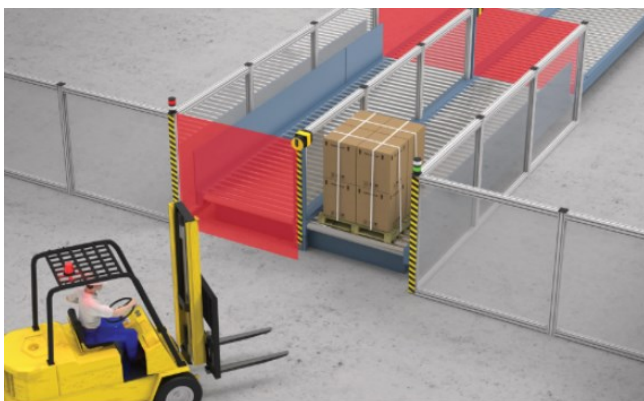


Obr. 1.2.6.1.1 - Praktický příklad využití bezpečnostní zóny
(automatizace.hw, 2021)

1.2.6.2 Bezpečnostní snímače

Pro zvýšení bezpečnosti se do konstrukčních návrhů umisťují bezpečnostní snímače, které slouží například k detekci osob, které by v dané oblasti neměly co pohledávat. Mohou také sloužit k detekci nebezpečných situací, překážek nebo poruch a umožňují rychlou reakci na tyto události.

Příklad použití těchto snímačů je uveden na obr. 1.2.6.2.1 níže. Prostor který, tento senzor snímá je označen červenou barvou. Následně záleží na programu, vytvořeného programátorem, jenž určí, co se má stát při aktivaci senzoru.



Obr. 1.2.6.2.1 - Praktický příklad využití bezpečnostního snímače
(automatizace.hw, 2021)

1.2.6.3 Nouzové zastavení tlačítkem stop

Nouzové tlačítko stop je kritickým bezpečnostním prvkem v průmyslových prostředích, včetně automatických třídících linek. Jeho hlavní funkcí je umožnit okamžité zastavení zařízení v případě nouzové situace nebo nebezpečné události, jako je například hrozící úraz pracovníka nebo porucha linky.

Funkce nouzového zastavení musí být dostupná po celou dobu provozu. Musí být nadřazena všem ostatním funkcím a provozu ve všech režimech provozu stroje bez narušení ostatních ochranných funkcí (např. uvolnění zachycených osob, potlačení požáru).

(elektroprumysl, 2017)



Obr. 1.2.6.3.1 - Nouzové tlačítko stop
(elektroprumysl, 2017)

1.2.6.4 Školení pracovníků

Pro prevenci předejití nežádáných nehod, je důležité školení pracovníků obsluhujících linku. V těchto školeních se předávají instrukce k ovládání linky, včetně informací o bezpečnostních postupech, používaných zařízeních a postupech v případě nouzové situace.

1.2.6.5 Pravidelná údržba linky

Pravidelnou údržbou linky se rozumí série preventivních opatření a činností, která mají za cíl minimalizovat výpadky, zlepšit spolehlivost, prodloužit životnost zařízení a zajisti, že linka pracuje s maximální efektivitou. Mezi některé preventivní opatření a činnosti se řadí:

- Čištění a mazání
- Kontrola a výměna opotřebitelných součástí
- Kalibrace senzorů a měřících zařízení
- Aktualizace a úpravy softwaru

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Celkový návrh pomocných modulů pro dopravníkový pás

Návrh doplňujících modulů je rozdělen do tří částí, a to částí pro dávkování, třídění a ukládání objektů. Při kombinaci těchto částí spolu s modelem dopravníkového pásu vznikne systém, jehož funkcí je třídění objektů na základě jejich barvy a jejich následné uložení.

Veškeré rozměry pro jednotlivé modely se přizpůsobily rozměrům dopravníkového pásu. Následně byly vymodelovány jednotlivé komponenty pomocných modulů v programovém prostředí Autodesk Fusion 360, které byly v průběhu vytváření této bakalářské práce několikrát pozměněny především za cílem zlepšení efektivity zařízení nebo pro možnost realizace celého zařízení technologií 3D tisku.

Pro naprogramování softwarové části této práce byl zvolen program Arduino IDE, který je vhodný nástroj pro programování Arduino desek.

2.1.1 Autodesk Fusion 360

Fusion 360 je cloudová 3D CAD, CAM a CAE platforma pro vývoj produktů. V jediné aplikaci v sobě kombinuje prostředí pro vytváření průmyslových výrobků, strojírenské návrhy, simulace, spolupráci, obrábění a 3D tisk. (fusion360, 2024)

Tento software nemá problém s řadou softwarů využívaných 3D tiskárnami na rozdělení, upravení a nastavení možností tisku jednotlivých součástí. Jedním takovýmto programem, který byl využit pro účely této bakalářské práce je PrusaSlicer.

2.1.2 PrucaSlicer

PrucaSlicer je software využívaný ke komunikaci mezi PC a 3D tiskárnou pro realizaci 3D modelu například právě z prostředí Autodesk Fusion 360. Jedním ze způsobů komunikace je nahrát program z PC na SD kartu, která je následně připojena k 3D tiskárně. Mezi některé vlastnosti tohoto programu patří:

- Slicing
- Podpora různých materiálů pro tisk
- Podpora tiskových profilů
- Přizpůsobení podpěr
- Náhled tisku
- Optimalizace doby tisku

2.1.3 Arduino IDE

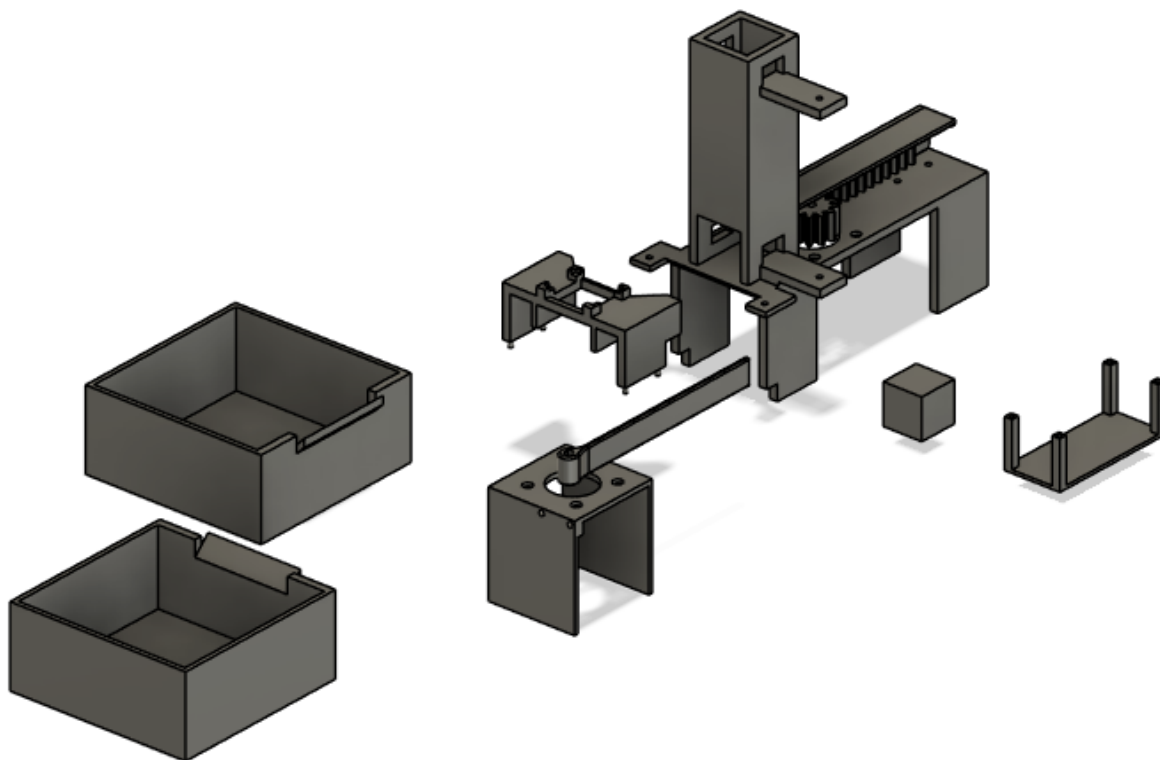
Arduino IDE (integrované vývojové prostředí) je softwarové prostředí používané pro programování desek Arduino v jazyce C/C++.

Toto prostředí poskytuje jednoduché a intuitivní rozhraní pro vytváření programů, zároveň obsahuje sadu knihoven, které usnadňují komunikaci s různými periferiemi a senzory.

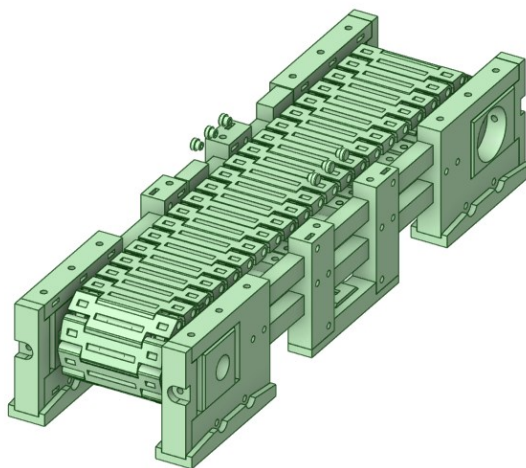
2.1.4 3D model všech modulů

3D model je složen z jednotlivých modulů, které jsou uvedeny níže, kde jsou zároveň rozebrány na jednotlivé části ze kterých se skládají.

Mezi jednotlivými moduly je umístěn dopravníkový pás, důvodem, proč není zobrazen na jednom obrázku ale individuálně je jeho vytvoření v modelovacím programu Designspark Mechanical, který neumožňuje sdílení souborů s programem Autodesk Fusion 360.

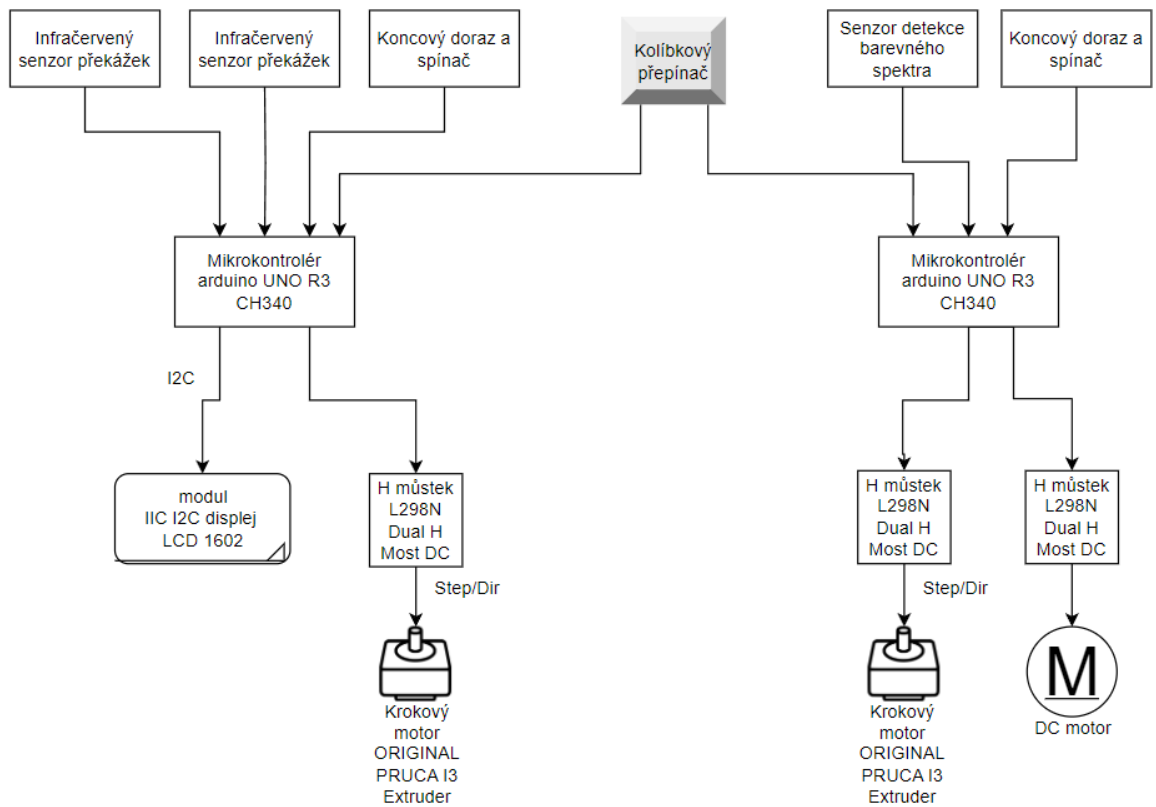


Obr. 2.1.4.1 - 3D model modulů pro dávkování, třídění a ukládání objektů v programu Fusion 360



Obr. 2.1.4.2 - 3D model dopravníkového pásu v programu Designspark Mechanical

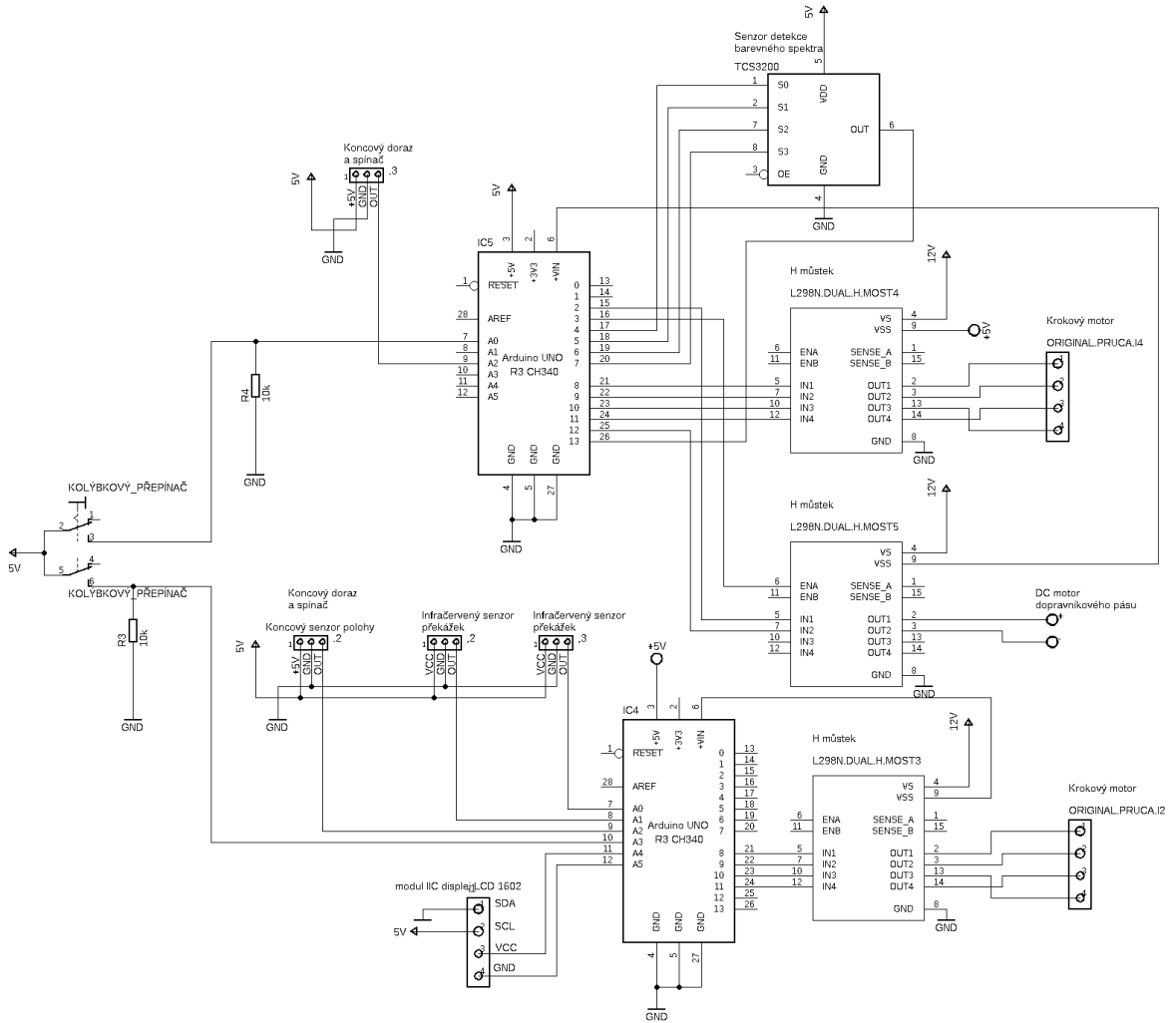
2.1.5 Blokové schéma elektronického zapojení



Obr. 2.1.5.1 - Blokové schéma elektronického zapojení

2.1.6 Elektronické zapojení HW celého zařízení

Připojené rezistory s hodnotou 10kΩ za tlačítka slouží jako pull-down rezistory. Jejich činností je zajištění logické 0 na vstupech obou mikrokontrolerů při neaktivovaném kolíbkovém přepínači. Důvodem je riziko výskytu nežádoucí úrovně rozhodovacího napětí, jenž by mohlo způsobit aktivační signál na vstupu mikrokontroleru bez úmyslného přepnutí přepínače.



Obr. 2.1.6.1 - Elektronické schéma zapojení HW celého zařízení

2.1.6.1 Senzor detekce barevného spektra

Senzor detekce barevného spektra slouží k detekci barvy odráženého světla v detekčním prostoru modulu. Na modulu se nachází senzor TCS3200, který je složen z hustého pole fotodiod s různými barevnými filtry. Čtyři bílé LED diody slouží pro osvětlení zkoumaného předmětu. (drátek, 2024)

Modul obsahuje 16 fotodiod s červeným filtrem, 16 s zeleným, 16 s modrým a 16 bez filtru.

Tabulka 1: Specifikace senzoru detekce barevného spektra

Napětí	2,7 až 5,5V	Detekční vzdálenost	Do 10mm
Pracovní proud	do 62 mA	Barevný model	RGB
Senzor	TCS3200	Rozměry	32 x 24 x 20 mm
Max. výstupní frekvence	600 kHz	Počet pinů	8



Obr. 2.1.6.1.1 - Senzor detekce barevného spektra

(drátek, 2024)

2.1.6.2 Koncový doraz a spínač

Koncový doraz je vstupní modul pro Arduino. Tento modul obsahuje páčkový spínač, který slouží k detekci stisku. Na modulu se také nachází pár dalších součástek pro zjednodušení zapojení s Arduinem a indikační LED dioda. Tato LED dioda se rozsvítí vždy při sepnutém stavu. (drátek, 2024)

Modul je doporučeno napájet napětím v rozsahu 3,3V až 5V, které je při aktivaci posíláno do mikrokontroleru. Jako napájecí napětí v této bakalářské práci bylo zvoleno napětí úrovně 5V.

Zelený vodič, který zde slouží pro vyslání informace o detekci stisku páčkového spínače byl připojen na analogový vstup Arduina A2, jež je patrné z obr. 2.1.6.2.1

Účelem použití tohoto koncového senzoru je kalibrace počáteční polohy krokového motoru při spuštění programu, jež bude patrné při popisu programu pro dávkování níže.

Tabulka 2 Specifikace koncového dorazu a spínače

Napětí	3,3 V až 5V	Senzor	Páčkový spínač
Pracovní proud	5 mA	Montážní otvory	2x3mm



Obr. 2.1.6.2.1 - Koncový doraz a spínač

(drátek, 2024)

2.1.6.3 Infračervený senzor překážek

Světelný senzor se dobře přizpůsobí okolí, má jednu infračervenou diodu pro vysílač a jednu pro přijímač. (drátek, 2024)

Rozsah snímaného prostoru lze zvětšovat nebo zmenšovat pomocí potenciometru umístěném na tomto modulu. Pro zpracování signálů z diod je využit integrovaný obvod, který je převádí na signály digitální obsahující informaci o tom, zda se vyskytl objekt ve snímaném poli nebo je toto pole prázdné.

Výhodou tohoto senzoru je bezproblémové propojení s deskou Arduino. V této práci

jsou využity dva zmíněné senzory poskytující informaci o současném naplnění zásobníku, jejichž zapojení je patrné z obr. 2.1.6.3.1

Tabulka 3: Specifikace infračerveného senzoru překážek

Napájení	3,3 V až 5 V	Senzor	Infračervený
Efektivní dosah	0 až 10 cm	Montážní otvory	1x3 mm



Obr. 2.1.6.3.1 - Infračervený senzor překážek
(drátek, 2024)

2.1.6.4 IIC I2C displej LCD 1602, 16 x 2 LCD znaků – Modrý modul

Jedná se o modul displeje LCD 1602 a přídatným modulem umožňující komunikaci skrze I2C sběrnici.

Přídavný modul zde slouží jako konvertor, založený na obvodu PCF8574, jenž propojuje a umožňuje zmíněnou komunikaci skrze I2C sběrnici mezi Arduinem a LCD displejem. Pro nastavení I2C adresy se používá následující postup:

Jako výchozí adresa modulu je nastavena hodnota 0x27. Tuto adresu lze změnit pomocí kombinace propojek na padech A0, A1 a A2. Modul dovoluje nastavit 8 unikátních I2C adres. Pady jsou opatřeny interními pull-up rezistory. Pokud tedy není vytvořena propojka mezi kontakty jednotlivých padů, logická hodnota padu je log. 1. Pokud je propojka realizována, logický stav se změní na log. 0. (drátek, 2024)

Modul LCD displeje je v bakalářské práci využíván k zobrazování informací získaných z infračervených senzorů o naplnění zásobníku ve formě textového grafického rozhraní pro obsluhu linky.

Tabulka 4: Seznam kombinací propojek

Adresa	A2	A1	A0
0x20	0	0	0
0x21	0	0	1
0x22	0	1	0
0x23	0	1	1
0x24	1	0	0
0x25	1	0	1
0x26	1	1	0
0x27	1	1	1

Tabulka 5: Specifikace modulu IIC I2C displej LCD 1602

Napětí	5 V DC	Maximální kombinace I2C adres	8
Pracovní proud	Do 100 mA	Počet znaků displeje	16x2
Napětí logické 1	5 V DC	Podsvícení	Modré
Komunikační rozhraní	I2C	Rozměry displeje	80x36x17 mm
I2C konvertor	PCF8574	Montážní otvory	4x3 mm
Výchozí I2C adresa	0x27	Rozteč montážních otvorů	75 a 31 mm



Obr. 2.1.6.4.1 - IIC I2C displej LCD 1602, 16 x 2 LCD znaků – Modrý modul
(drátek, 2024)

2.1.6.5 Driver pro krokové a stejnosměrné pohony L298N

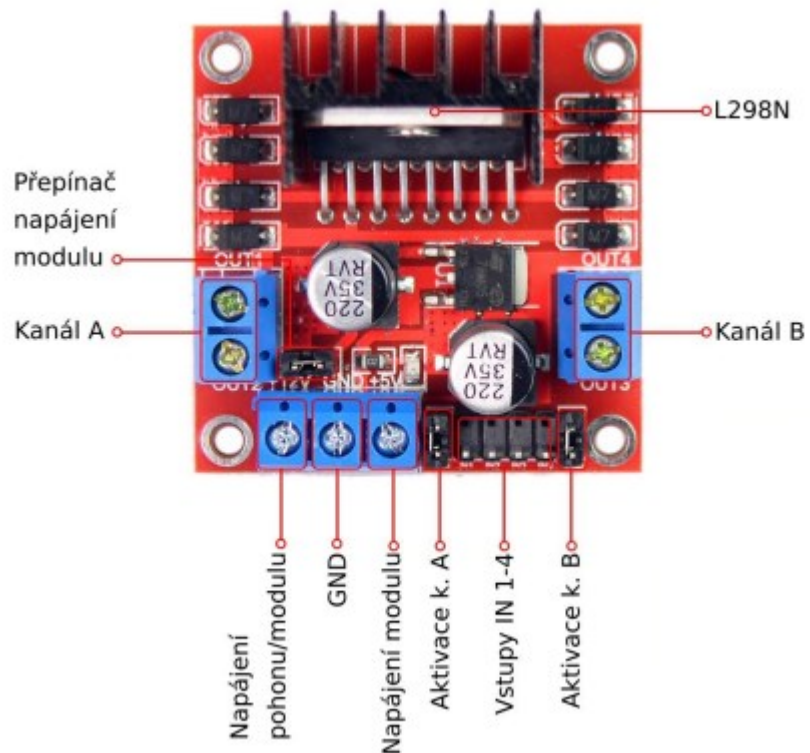
Jedná se o driver založen na integrovaném H-můstku L298N, umožňující řízení směru otáčení a rychlosti dvou stejnosměrných motorů nebo řízení směru, rychlosti a počtu kroků jednoho krokového motoru.

Napájecí napětí tohoto driveru nesmí být vyšší, než je napájecí napětí motorů jinak hrozí poškození motorů.

Driver je v bakalářské práci využíván k řízení krokových motorů a stejnosměrného motoru. Zároveň slouží jako zdroj napětí úrovně 5 V desky Arduino.

Tabulka 6 Specifikace driveru L298N

Integrovaný obvod	L298N	Lineární regulátor	78M05
Napájecí napětí	5 až 35 VDC	Rozměry	43x43x28 mm
Napětíová log. úroveň	5 VDC	Průměr mont. otvoru	3,2 mm
Max. proud na kanál	2 A (celk. 4 A)	Rozteč mont. otvoru	37 mm



Obr. 2.1.6.5.1 - Driver pro krokové a stejnosměrné pohony L298N
(drátek, 2024)

2.1.6.6 Krokový motor ORIGINAL PRUSA i3 extruder

Tyto krokové motory typu nema 17 jsou využívány pro pohony 3D tiskáren od výrobce Prusa. Ale je možné je využít i pro jiné účely, například pro vykonávání potřebných pohonů využívaných v této práci.

Tabulka 7: Specifikace krokového motoru

Napětí	12 V	Délka kroku	1,8°
Proud	Do 1,5 A	Typ motoru	NEMA 17
Zatěžovací moment	0,32 Nm	Rozměry	42x42x40mm
Počet fází	2	Počet konektorů	4



Obr. 2.1.6.6.1 - Použité krokové motory typu nema 17
(aliexpress, 2024)

2.1.6.7 Klon Arduino UNO R3 CH340

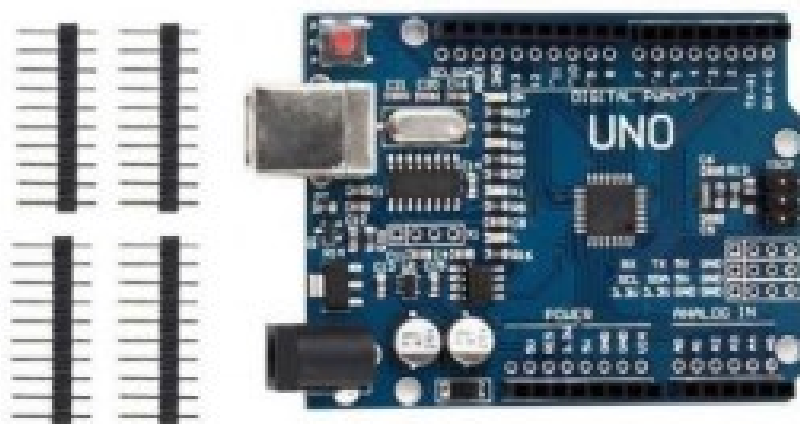
Klon Arduino UNO zachovává všechny důležité parametry originální desky a funguje prakticky totožně jako originální vývojový kit. Pomocí platformy Arduino je možné vytvořit širokou škálu projektů. Najde uplatnění v různých odvětvích jako např. průmyslové systémy, edukativní zařízení nebo inteligentní domácnosti. (drátek, 2024)

Zařízení se programuje prostřednictvím prostředí Arduino IDE. V případě klonu je nutná instalace ovladačů pro převodník CH340/CH341. (drátek, 2024)

V této bakalářské práci jsou využity tyto dva mikrokontrolery sloužící pro řízení modulu zásobníku a modulu pro třídění. Oba jsou napájeny 5V za pomoci využití již zmíněných driveru L298N.

Tabulka 8: Specifikace klonu Arduino Uno R3 CH340

Hlavní čip	ATmega328	Převodní USB	CH340
Velikost Flash paměti	32 KB	Pracovní napětí	5 V
SRAM	2 KB	Vstupní napětí	7 až 12 V
EEPROM	1 KB	Maximální vstupní napětí	6 až 20 V
Frekvence procesoru	16 MHz	Maximální proud I/O pinem	20 mA
Počet digitálních I/O pinů	14	Maximální proud 3V3 pinem	50 mA
Počet digitálních PWM I/O pinů	6	Rozměry	68,6x53,4 mm
Počet analogových vstupních pinů	6	Hmotnost	25 g



Obr. 2.1.6.7.1 - Klon Arduino UNO R3 CH340

(drátek, 2024)

2.1.6.8 Kolíbkový přepínač

Jedná se o bistabilní mechanicky spínanou elektrickou součástku sloužící k spínání elektrických obvodů. Je složen ze dvou spínacích kontaktů, které mohou spínat dva různé obvody vždy ve stejný čas.

Tento konkrétní přepínač je pro účely bakalářské práce předimenzovaný, ale byl přesto použit kvůli nedostatku kolíbkových spínačů se stejnými spínacími vlastnostmi na e-shopech a v kamenných prodejnách, kde byly pořízeny zmíněné komponenty v době konstruování tohoto zařízení.

Tabulka 9: Specifikace kolíbkového přepínače

Typ kontaktů	Spínací	Barva hmatníku	Zelená
Tvar hmatníku	Zaoblený	Polohy spínače	ON – OFF
Jmenovitý proud	16 A	Jmenovité napětí	250 V
Počet kontaktů	4	Elektrická životnost	10 000 cyklů



Obr. 2.1.6.8.1 - Kolíbkový přepínač

(laskakit,2024)

2.1.7 Modul pro dávkování objektů

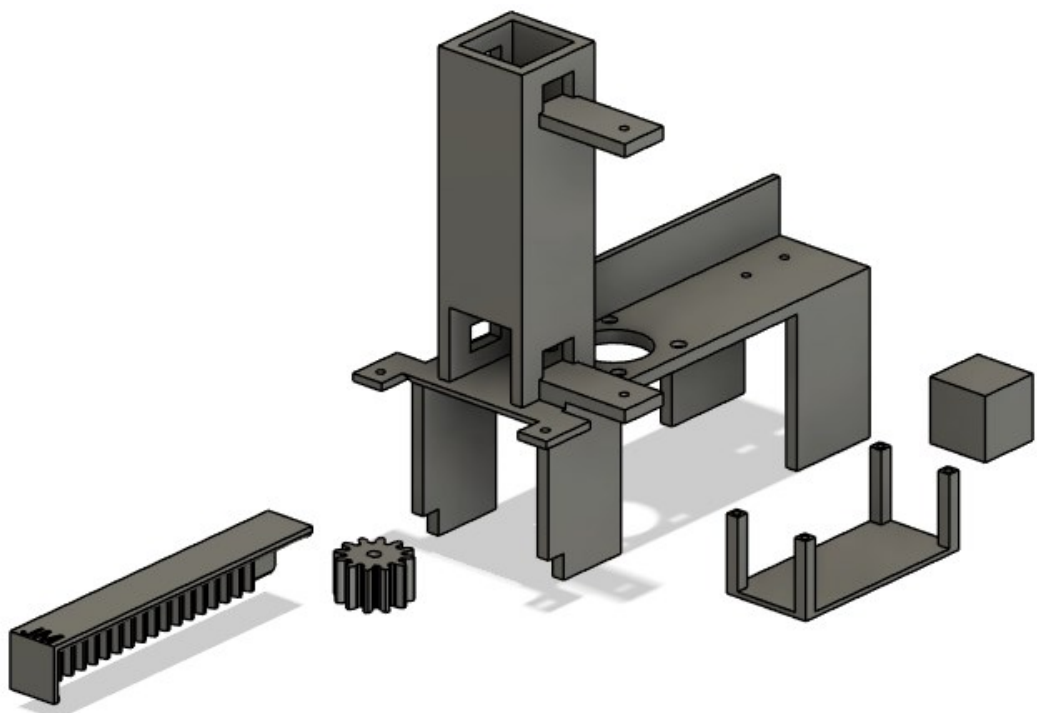
Funkcí modulu pro dávkování objektů je zajištění pravidelného dodávání kostek na dopravníkový pás při splněných podmínkách programu.

2.1.7.1 3D model součástí modulu dávkovače objektů

Na obr. 2.1.7.1.1 jsou vyobrazeny veškeré součásti potřebné pro následnou realizaci dávkovače objektů. Výsuvná část na levé části obrázku tvořená z ozubeného hřebene umožňující přenos otáčivého pohybu ozubeného kola neboli pastorku uprostřed obrázku na pohyb posuvný výsuvné části. Ozubené kolo bude uloženo bez vůle na hřídel krokového motoru. Toto uložení zajistí přenos kroutícího momentu hřídele na ozubené kolo.

Na pravé části obrázku se nachází přepravovaný objekt v podobě kostky. Více nebo jen jedna kostka se vloží shora do čtvercového prostoru zásobníku, který se nachází na obrázku vlevo od ní. Pod samotným zásobníkem se nachází držící konstrukce pro modul LCD displeje.

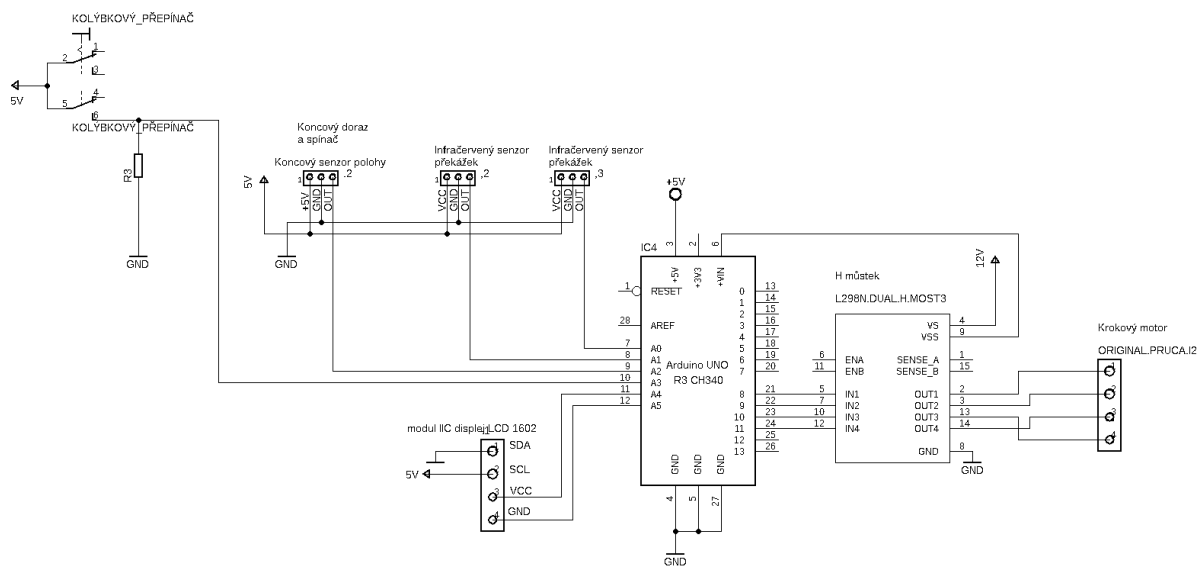
Podrobnější kombinace 3D modelu spolu s elektronickým zapojením HW bude vysvětleno níže.



Obr. 2.1.7.1.1 - 3D model součástí modulu dávkovače objektů

2.1.7.2 Elektronické zapojení HW pro dávkování objektů

Elektronické zapojení je realizováno jedním koncovým dorazem a spínačem, dvěma infračervenými senzory, jedním modulem IIC displeje LCD1602, krokovým motorem ORIGINAL PRUSA i3 a jedním klonem Arduino UNO R3 CH340.



Obr. 2.1.7.2.1 - Elektronické zapojení HW pro dávkování objektů

2.1.8 Modul pro třídění objektů

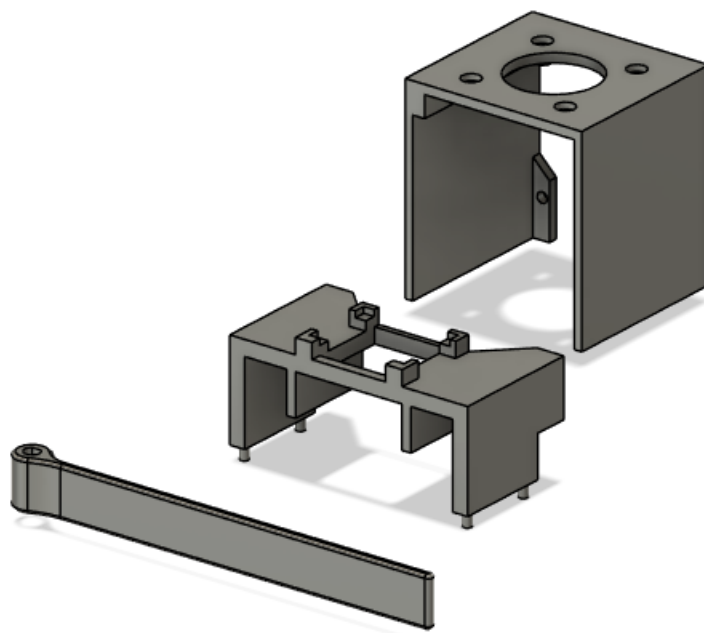
Funkcí tohoto modulu je uskutečnění vytrídění objektu mimo pás, pokud je tak výhodnoceno na základě informace o barvě objektu. Popřípadě nevykonání třídícího procesu a tím způsobení setrvání přepravovaného objektu na dopravníkovém pásu.

2.1.8.1 3D model součástí modulu pro třídění objektů

Na obr. 2.1.8.1.1 je na levé části umístěna výhybka, která slouží pro vyosení objektů z dopravníkového pásu pro jejich vytrídění. Výhybka je osazena na hřídeli krokového motoru a to pomocí uložení bez vůle což stejně jako u předešlého ozubeného kola, zaručí přenos kroutícího momentu krokového motoru na tuto výhybku.

Uprostřed je držící konstrukce pro senzor barev. Je konstruován zároveň tak že slouží k srovnání objektů na dopravníkovém pásu blíže středu pomocí jeho vodících stran, které jsou pod úhlem 45°, což zajišťuje přivedení objektu do snímaného pole senzoru. Tato konstrukce je osazena na dopravníkový pás pomocí čtyř vystouplých válečků na spodku této konstrukce, které zapadnou do děr v rámu dopravníkového pásu.

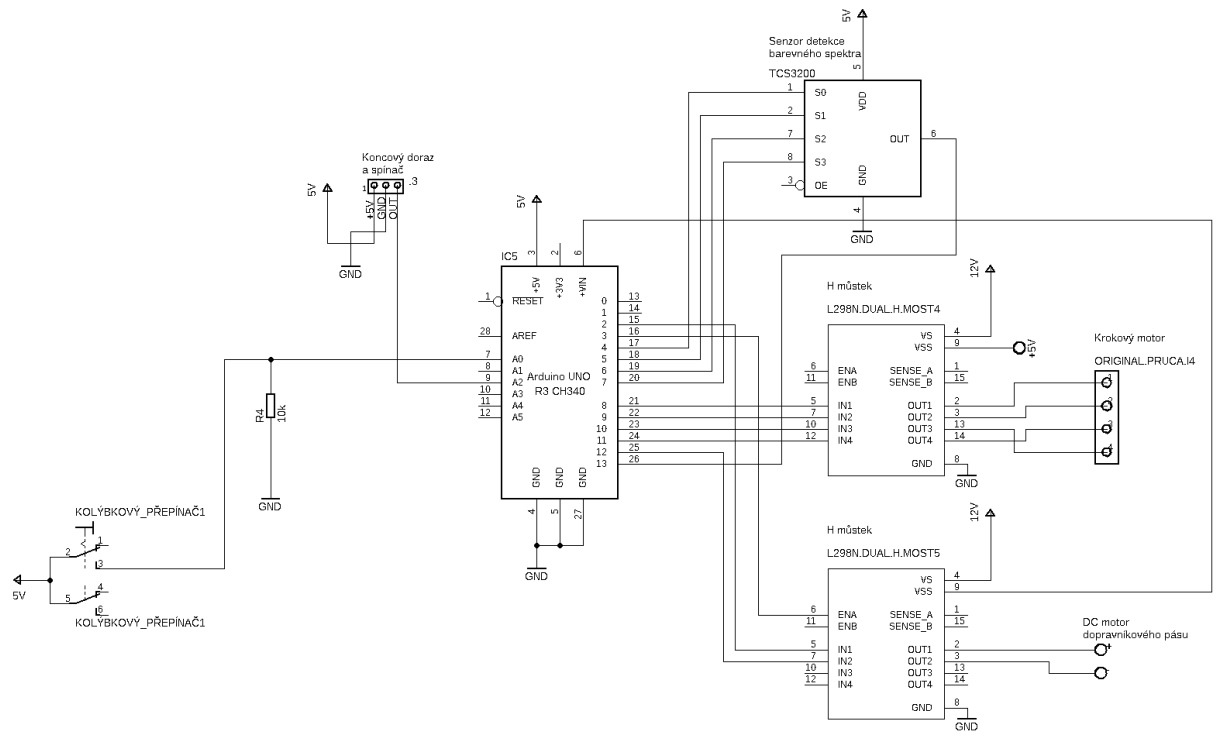
Vpravo se nachází držící konstrukce pro krokový motor, jež je zkonstruována tak aby ji bylo možné připevnit k dopravníkovému pásu pomocí dvou M3 10 mm šroubů a zároveň aby byla výhybka upevněna na hřídeli krokového motoru v dostatečně vysoké poloze při aktivaci krokového motoru.



Obr. 2.1.8.1.1 - Model součástí modulu pro třídění objektů

2.1.8.2 Elektronické zapojení HW pro třídění objektů

Elektronické zapojení je realizováno jedním kolíbkovým přepínačem, jedním koncovým dorazem a spínačem, jedním senzorem detekce barevného spektra, dvěma drivery L298N, krokovým motorem ORIGINAL PRUSA i3 extruder, jedním 12V DC motorem pohánějícím dopravníkový pás a jedním klonem Arduino UNO R3 CH340.



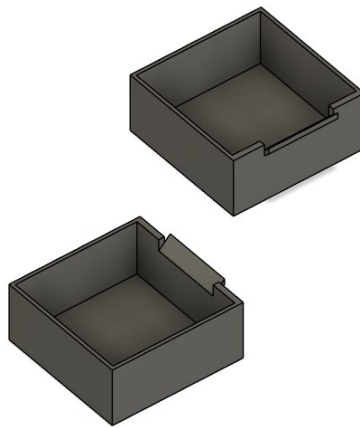
Obr. 2.1.8.2.1 - Elektronické schéma zapojení HW pro třídění objektů

2.1.9 Modul pro ukládání objektů

Funkcí modulu pro ukládání objektů je zajištění uložení objektů po jejich vytržení předchozím modulem. Pro jednoduchost byl zvolen způsob samovolného pádu objektů do přepravovaných krabic.

2.1.10 3D model součástí modulu pro ukládání objektů

Jedná se o modely dvou přepravovaných krabic, kde jedna je umístěna na konci pásu pro uložení objektů, které nejsou vytrženy z dopravníkového pásu a druhá je na místě kde je realizováno vytržení objektů z dopravníkového pásu.



Obr. 2.1.10.1 - 3D model modulu pro ukládání objektů

2.2 Realizace návrhu

Pro realizaci návrhu byla využita zmíněná technologie 3D tisku z materiálu PET-G různých barev.

Všechna řídicí elektronika tvořená mikrokontrolery a drivery je umístěna uvnitř obdélníkové krabice s odnímatelným vrchním dílem, kvůli ochraně těchto elektronických součástek před mechanickým poškozením.

Veškeré senzory jsou připevněny k příslušným konstrukčním modulům a modul LCD displeje je umístěn na držící konstrukci se kterou lze manipulovat v rámci dosahů připojených vodičů.

2.2.1 Vytvoření montážní krabice pro řídicí elektroniku

Krabice na byla vytvořena z polyetylenových desek s tloušťkou 1 cm o rozměrech 185x32,1x60 cm. Pro pevné spojení naměřených stěn a vytvoření víka byla využita technologie sváření plastů pomocí svářečky plastů.

Do krabice byl následně vytvořen otvor pro upevnění kolébkového přepínače a na druhé straně byly vyvrtány 2 otvory pro přivedení napájecího napětí a pro umožnění propojení kabelů mezi řídicí a řízenou elektronikou.



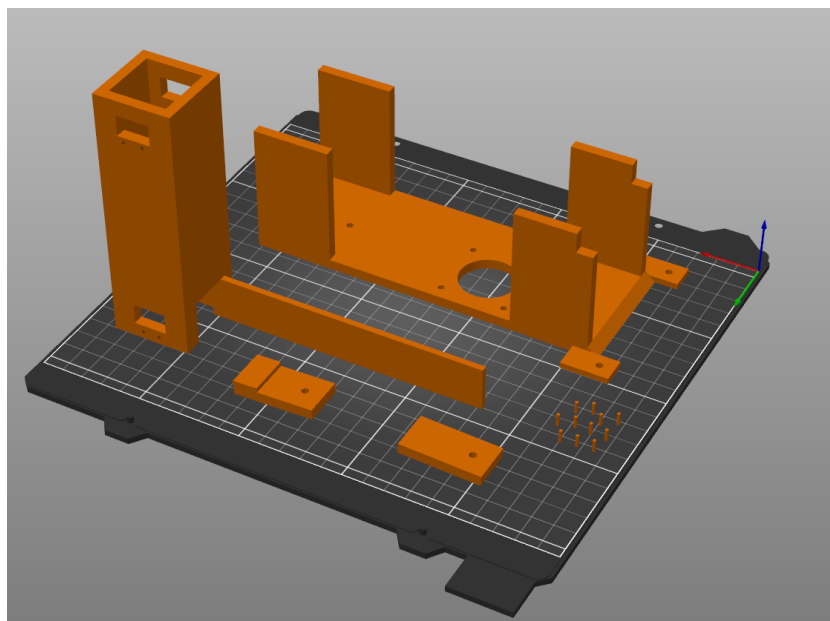
Obr. 2.2.1.1 - Krabice pro uložení řídicí elektroniky

2.2.2 3D tisk modulu pro dávkování objektů

Pro realizaci 3D tisku takto velkého modelu bylo nutné využít nástroje rovinného řezu v programu PrusaSlicer, což má za následek rozdělení tisku do určitých částí, které lze vidět na obr. 2.2.2.1, jenž jsou zároveň otočeny řezem vůči podložce pro kvalitnější a rychlejší tisk.

Důvodem použití nástroje rovinného řezu jsou omezené schopnosti realizace modelů 3D tiskárnou a při projektech rozměrově náročnými k snížení rizika chyby tisku.

Veškeré zbylé komponenty související s modulem pro dávkování objektů včetně držící konstrukce pro LCD displej byly vytisknuty bez jakýchkoliv úprav.



Obr. 2.2.2.1 - 3D model zásobníku objektů pro jeho realizaci

2.2.2.1 Sestavení dávkovače objektů

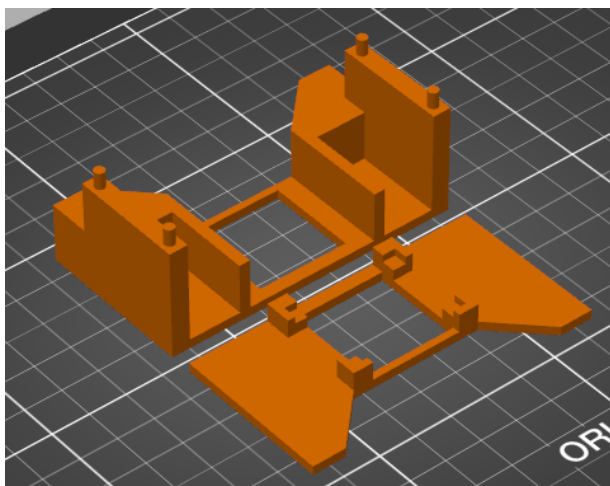
Po vytisknutí všech součástí byl dávkovač objektů sestaven díky kolíkům, které byly vloženy do příslušných děr na místech kde byl proveden rovinný řez.

Na styčné plochy bylo nanесeno vteřinové lepidlo pro zajištění pevnosti jednotlivých součástí a pomocí závitníku byly zhotoveny závity na místech pro upevnění jednotlivých senzorů pro šrouby s označením M3.

2.2.3 3D tisk modulu pro třízení objektů

Na obr. 2.2.3.1 je držící konstrukce pro senzor barev, které bylo nutno rozdělit pomocí nástroje rovinného řezu na dvě části kvůli možnostem tisku 3D tiskárny.

Jedná se o jedinou část z tohoto modulu, kterou bylo nutno upravovat pro její realizaci. Všechny ostatní modely v příloženém souboru byly vytisknuty bez dalších potřebných úprav pro jejich kompletaci.



Obr. 2.2.3.1 - 3D model zásobníku objektů pro jeho realizaci

2.2.3.1 Sestavení držící konstrukce pro senzor barevného spektra

Pro sestavení této konstrukce byla zvolena aplikace vteřinového lepidla mezi styčné plochy kde byl proveden řez, jenž zajistila dostatečně pevný spoj mezi jednotlivými částmi konstrukce.

2.2.4 3D tisk přepravných krabic

Krabice se tiskly každá zvlášť bez nutnosti úpravy pro jejich tisk. Ovšem problém byl v době, která byla o trochu větší než u předchozích dílů, což mělo za následek vytvoření jednoho zmetku.

2.2.5 Kombinace elektronického zapojení HW s modely

Pro tuto kombinaci byl využit závitník pro vytvoření závitů pro šrouby s označením M3. Závity byly vytvořeny v dírách určených pro připevnění jednotlivých senzorů a v dírách konstrukce pro držení modulu LCD displeje.

2.2.5.1 Kombinace pro modul dávkovače objektů

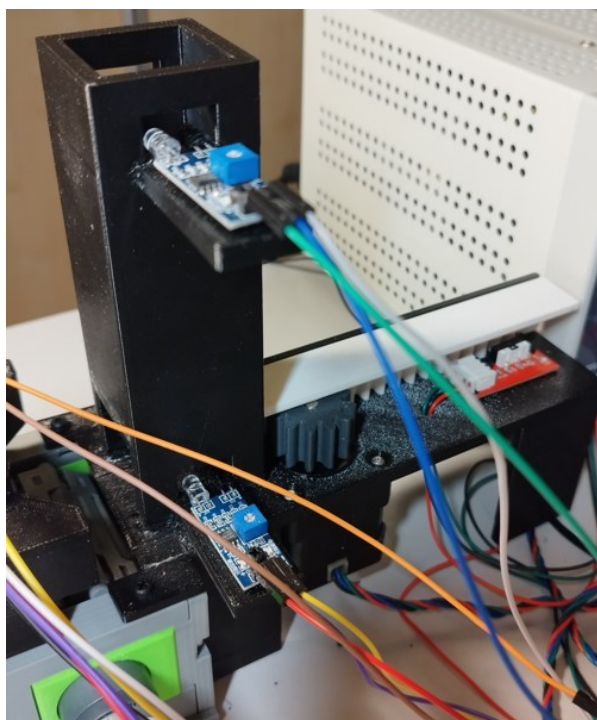
Nejprve došlo k upevnění infračerveným senzorům, které byly upevněny na dvou vystouplých plochách zásobníku každý pomocí jednoho M3 x 10 mm šroubu.

Dále byla osazena hřídel krokového motoru ozubeným kolem, a to bylo následně prostrčeno ze spodu dávkovače a připevněno čtyřmi M3 x 10 mm.

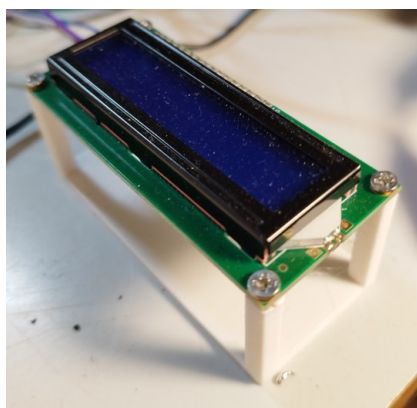
Jako poslední část byl připevněn koncový senzor polohy pomocí dvou šroubů M3 x 6 mm. Jeho vodiče byly protáhnuty dírou mezi krokovým motorem a tímto senzorem.

Následně byla instalována výsuvná část tohoto zařízení pro zapadnutí zubů do sebe mezi pastorek a hřeben výsuvné části.

Pro kombinaci držící konstrukce pro modul LCD displeje byly využity šrouby M3 x 6 mm.



Obr. 2.2.5.1.1 - Realizované zapojení dávkovače objektů



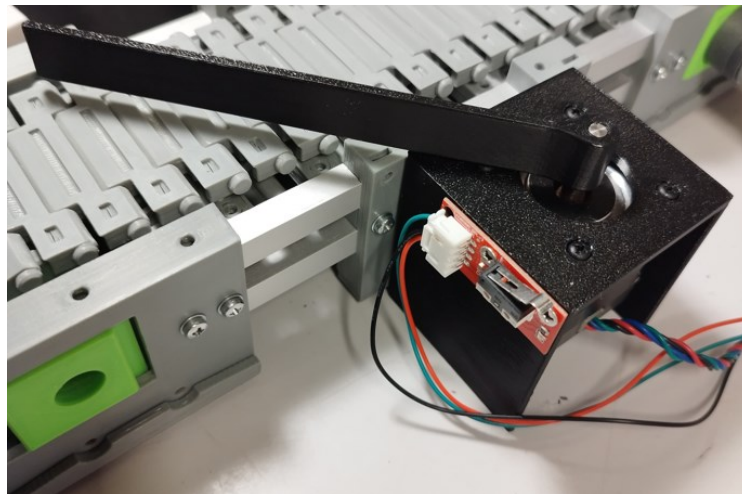
Obr. 2.2.5.1.2 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci modulu LCD displeje

2.2.5.2 Kombinace pro modul třízení objektů

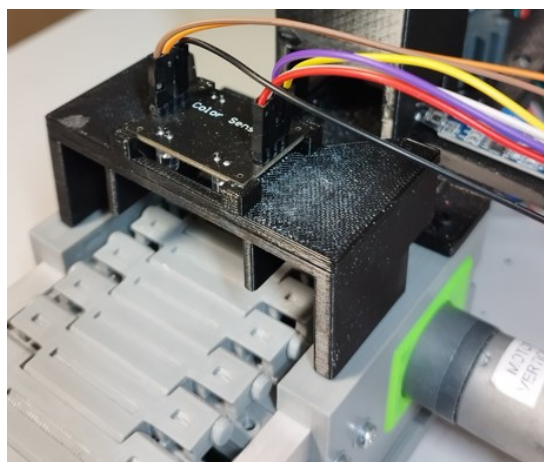
Jako první byla osazena výhybka na hřídel krokového motoru a díky dostatečně velké díře uprostřed držící konstrukce krokového motoru byla bez problému protáhnutá skrze tuto díru do pozice, která je vidět na obr. 2.2.5.2.1. V této pozici byl krokový motor připevněn pomocí čtyř M3 x 10 mm šroubů.

Pro připevnění senzoru koncové polohy byly využity dva šrouby M3 x 6 mm zašroubovány do dvou děr z boku držící konstrukce krokového motoru.

Samotný senzor barevného spektra byl volně osazen do rámu konstrukce pro jeho držení nad pásem v určité vzdálenosti. Jenž byl konstruován tak aby toto osazení bylo možné a senzor se zároveň nemohl hýbat.



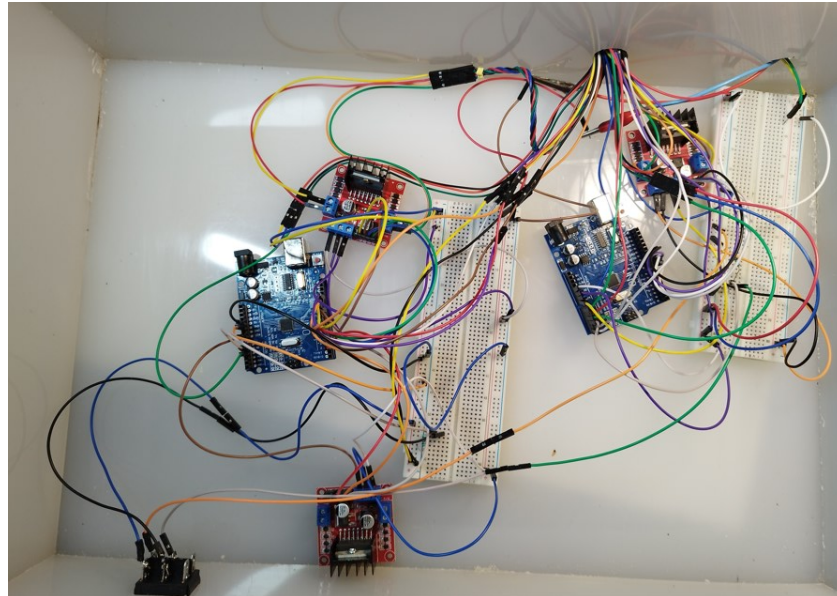
Obr. 2.2.5.2.1 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci krokového motoru.



Obr. 2.2.5.2.2 - Realizovaná kombinace pro držící konstrukci senzoru barevného spektra

2.2.5.3 Kombinace krabice s řídicí elektronikou

Pro kombinaci tuto kombinaci byl zvolen způsob volného uložení do krabice, které lze pozorovat na obr 2.2.5.3.1 níže. Kde jsou napájecí vodiče přivedeny dírou úplně vpravo a vodiče sloužící pro napájení a komunikaci elektroniky mimo krabici jsou protáhnuty dírou druhou nacházející vlevo díry pro napájecí vodiče.



Obr. 2.2.5.3.1 - Kombinace krabice s řídicí elektronikou

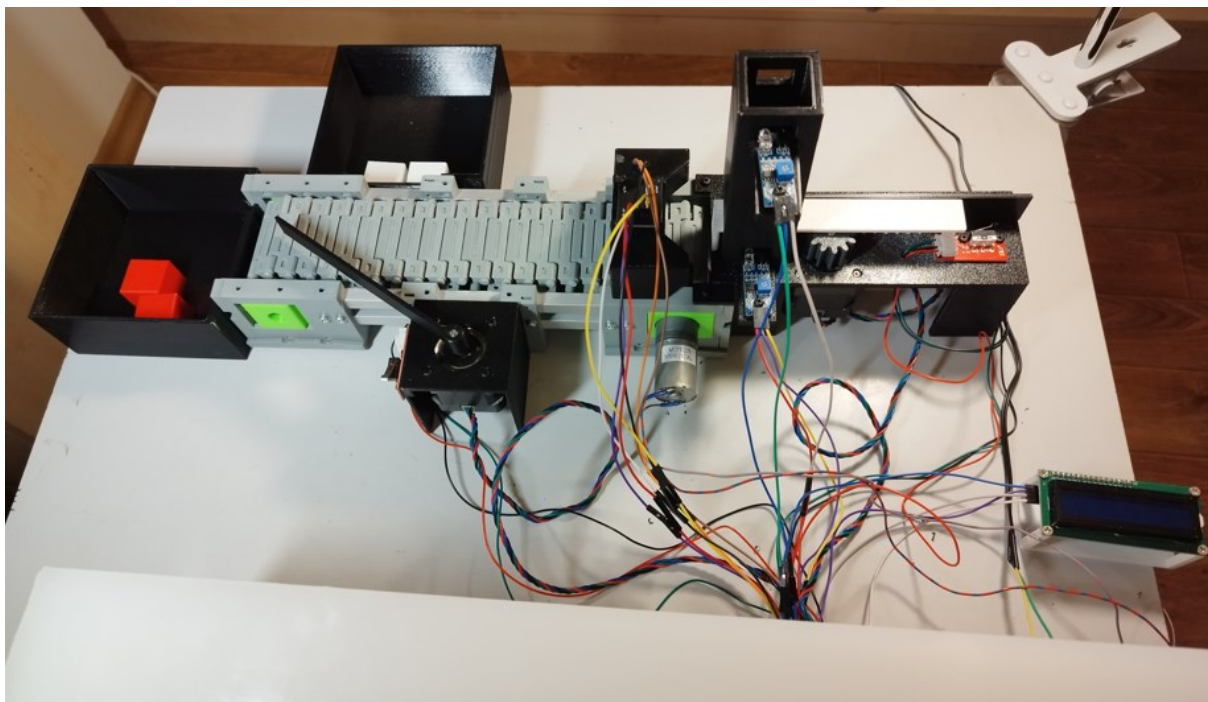
2.2.6 Spojení modulů s modelem dopravníkového pásu

Spojení jednotlivých modulů je realizováno celkově pomocí čtyř M3 x 10 mm. Dva šrouby byly využity pro upevnění dávkovače objektů k dopravníkovému pásu, které jsou umístěny ve zbylých dvou dírách dávkovače objektů a tyto šrouby následně zapadnou do dvou děr na vrchu rámu dopravníkového pásu.

Poslední dva šrouby jsou využity pro upevnění držící konstrukce krokového motoru k boku dopravníkového pásu. Díry v jeho rámu již obsahují vnitřně zabudované závity pro zašroubování šroubů.

Držící konstrukce pro senzor barevného spektra byla připevněna k dopravníkovému pásu vložením čtyř vystouplých válců na spodku této konstrukce do vrchních děr rámu dopravníkového pásu.

Přepřevovací krabice byly umístěny na konec dopravníkového pásu a na pozici kde probíhá třídící proces, což lze vidět na obr. 2.2.6.1.



Obr. 2.2.6.1 - Realizovaný návrh pomocných modulů s modelem dopravníkového pásu.

2.3 Kódování automatické třídící linky

Kódování bylo rozděleno na dva programy. Jeden byl pro modul dávkování objektů a ten druhý pro modul třídění objektů.

2.3.1 Funkce programu modulu pro dávkovač objektů

Po přivedení napájecího napětí k mikrokontroleru program aktualizuje informace o naplnění zásobníku stanovených dvěma infračervenými senzory připojených na pinech A0 a A1 a čeká na splnění podmínky pro přepnutí kolébkového přepínače do aktivní polohy.

Po aktivaci přepínače dojde k otáčení krokového motoru ve směru hodinových ručiček do doby sepnutí senzoru koncové polohy připojeném na pinu A2 pro nastavení počáteční polohy.

Program následně znovu vyhodnotí aktuální naplnění zásobníku a pokud je senzor připojený k pinu A1 spolu s přepínačem a senzorem koncové polohy aktivní dojde k spuštění motoru ve směru proti hodinovým ručičkám o nastavené kroky což realizuje výsun objektů

z dávkovače objektů. Motor se po vysunutí následně o stejný počet kroků vrátí zpět do polohy kde je znovu sepnut senzor koncové polohy. Tato část programu je na obr 2.3.1.1

Znovu dojde k aktualizaci LCD displeje a program ve void loop() {} se následně začne opakovat v nekonečné smyčce.

Pokud je přepínač deaktivován v průběhu realizace výsunu objektů ze zásobníku, dojde vždy k zastavení programu až po zasunutí výsuvné části aktivací senzoru koncové polohy.

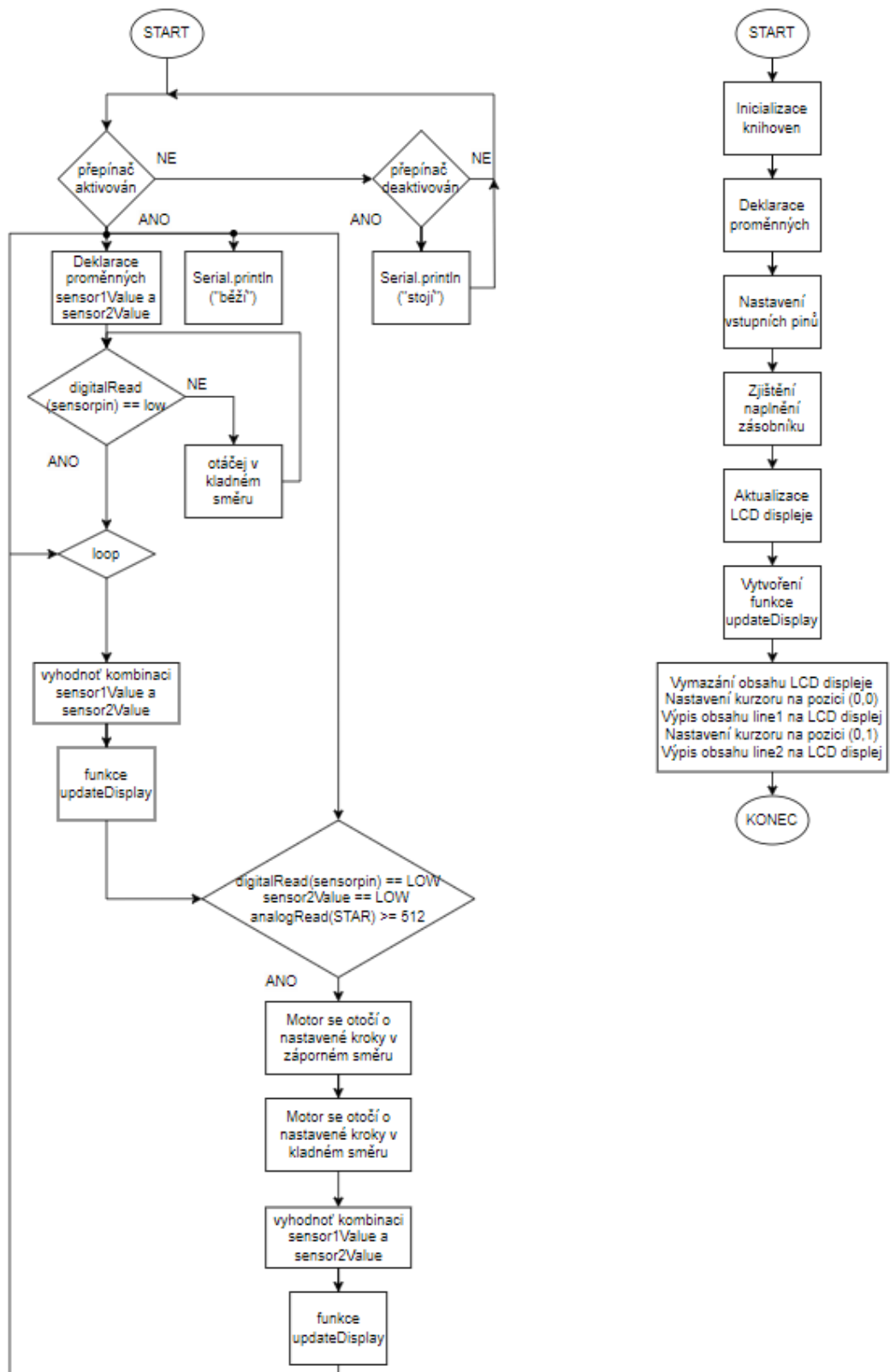
Pokud je nutné znovu nastavit počáteční polohu krokového motoru například po výpadku napájecího napětí, je nutné stisknout resetovací tlačítko na mikrokontroleru pro vykonání resetu programu.

Zároveň program vypisuje při propojení PC a mikrokontroleru přes USB rozhraní informace o aktuální stavu programu, a to pomocí dvou slov „běží“ a „stojí“. Tato komunikace je uskutečněna přes sériovou komunikaci I2C sběrnice

```
// Otáčení motoru v kladném směru
if(sensor2Value==LOW && digitalRead(sensorPin) == LOW && analogRead(A3) >= 512 && digitalRead(sensorPin) == HIGH){
myStepper.setSpeed(motorSpeed);           //Nastavení rychlosti krokového motoru skrze knihovnu Stepper
myStepper.step(-stepsToMove);             //Nastavení směru otáčení krokového motoru skrze knihovnu Stepper
delay(2000);                               //Prodloužení po vykonání vysunutí objektu na pás
```

Obr. 2.3.1.1 - Část programu dávkovače objektů pro ovládání krokového motoru

2.3.1.1 Vývojový diagram program modulu pro dávkování objektů



Obr. 2.3.1.1.1 - Vývojový diagram programu pro modul dávkovače objektů

2.3.2 Funkce programu modulu pro třízení objektů

Po přivedení napájecího napětí do mikrokontroleru program čeká na změnu stavu kolébkového přepínače. Do té doby je při připojení PC přes USB rozhraní vypisována zpráva „stojí“.

Při aktivaci přepínače dojde k vypsání informace PC „běží“ a poté k rozběhnutí dopravníkového pásu na stálou rychlost a stejně jako u dávkovače k nastavení počáteční polohy signalizované senzorem koncové polohy. Po nastavení koncové polohy se spustí čtení frekvence senzoru barevného spektra, který je nastaven programově pro aktivaci pro využití 16 fotodiod bez filtru a začne zaznamenané frekvence světla posílat PC, pokud by byl připojen.

Při zaznamenání frekvence v rozmezí 1 až 100 Hz což značí signalizaci detekce bílé kostky v snímaném prostoru senzoru, dojde k aktivaci krokového motoru, který se pootočí o nastavené kroky ve směru hodinových ručiček. Pootočení realizuje umístění výhybky pod určitým úhlem na dopravníkový pás. Motor v této poloze vydrží 4 sekundy a následně se vrátí o stejný počet kroků zpět do původní polohy kde dojde k aktivaci senzoru koncové polohy.

Na červené kostičky program nereaguje a nechává je projet na konec dopravníkového pásu.

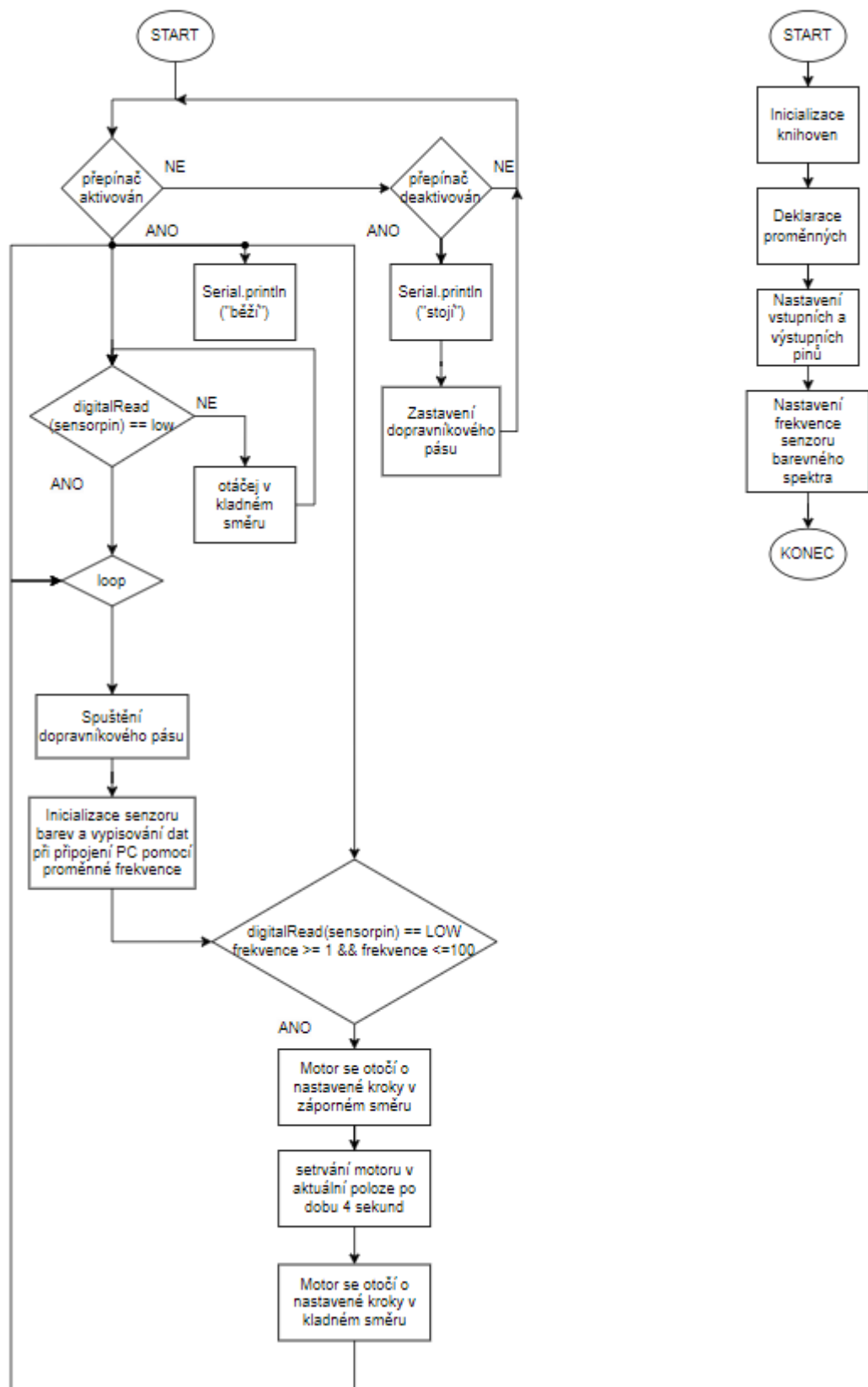
Při deaktivaci přepínače během běhu programu dojde nejprve k dosažení počáteční polohy výhybky a poté k celkovému zastavení pásu.

Stejně jako u dávkovače objektů, se zde počáteční poloha dá znovu nastavit v případě zmáčknutí resetovacího tlačítka na mikrokontroleru.

```
//nastavení fotodiod bez filtru
digitalWrite(S2,HIGH);
digitalWrite(S3,LOW);
//Čtení frekvence kterou přijímá Arduino
frekvence = pulseIn(sensorOut,LOW);
Serial.print("R=");
Serial.print(frekvence);
Serial.print(" ");
delay(50); //opoždění mezi cykly pro čtení barevného senzoru
```

Obr. 2.3.2.1 – Část programu třízení objektů pro inicializaci senzoru barevného spektra

2.3.2.1 Vývojový diagram program modulu pro třízení objektů



Obr. 2.3.2.1.1 – Vývojový diagram pro modul třízení objektů

2.3.3 Postup při vývoji programu

Programy byly vyvinuty z vypracované semestrální práce s názvem dávkovač objektů. Pro již vypracovaný program dávkovače objektů bylo nutné přidat pouze podmínku pro vykonávání kódu až po stisku kolébkového snímače.

Pro program třídění byla využita stejná podmínka pro nastavení počáteční polohy a dále aby byl program vykonáván pouze při aktivovaném přepínači. Do tohoto programu se následně vepsali další potřebné operace pro pohon pásu a komunikaci se senzorem barevného spektra.

První pokus pro celkové spuštění těchto programů byl neúspěšný a až po několika nezdařených pokusech bylo docíleno správné funkce programu.

Nejprve byl upraven počet kroků, o který se má otočit krokový motor u dávkovače objektů pro zajištění přepravy kostek na dopravníkový pás.

Následně byl upraven rozsah pro vyhodnocení bílých kostek senzorem barevného spektra pro co nejpřesnější rozpoznávání kostek a zároveň pro zajištění informace o přítomnosti vyřazené kostky byla upravena i rychlost dopravníkového pásu.

V posledních krocích byla upravena a otestována poloha výhybky, která se měnila v rámci počtu vykonaných kroků na jedno otočení krokového motoru.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh a realizace konstrukce sady doplňujících modelů pro laboratorní model dopravníkového pásu umožňující dávkování, třídění a ukládání přepravovaných objektů přes tento pás.

Při návrhu jednotlivých modelů bylo největším omezením možnosti 3D tisku, kterým musel být návrh uzpůsoben a popřípadě modifikován.

Vlastní tisk a následná kompletace jednotlivých modelů byla téměř bezproblémová, kde vše, kromě modelů pro ukládání objektů, bylo vytisknuto na první pokus.

Dobrou komplikaci způsobil vývoj programů pro řízení modelů, kde bylo potřeba zohlednit správnou koordinaci jednotlivých částí pohonů modelů.

Vlastní konstrukce krabice pro řídicí elektroniku a kombinace modelů s elektronickým návrhem HW proběhla již standartně. Výsledná konstrukce zařízení poté byla testována v dostatečném rozsahu.

Kompletací sady doplňujících modelů s modelem dopravníkového pásu a vytvořením funkčního programu pro doplňující modely bylo dosaženo vytyčených cílů.

POUŽITÁ LITERATURA

ALIEXPRESS, 2024, *42 Stepper NEMA 17 Motor Extruder Motor*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

https://www.aliexpress.com/item/1005006321300905.html?spm=a2g0o.productlist.main.5.35da55aaCuP5Re&algo_pvid=121e2a22-e3b5-4258-a485-891b9d92d820&algo_exp_id=121e2a22-e3b5-4258-a485-891b9d92d820-2&pdp_npi=4%40dis%21USD%2128.01%2118.21%21%21%2128.01%2118.21%21%402103890117149495870735105e6884%2112000036752706035%21sea%21CZ%210%21AB&curPageLogUid=ry4N2At4Tqqd&utparam-url=scene%3Asearch%7Cquery_from%3A

BOTLANDBLOG, 2023, *Krokový motor – co to je? Princip fungování a použití*. [online]. [cit. 2024-22-04]. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/krokovy-motor-co-to-je-princip-fungovani-a-pouziti/>

BOTLANDBLOG, 2023, *Senzor – Co je to senzor a k čemu slouží?*. [online]. [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://botland.cz/blog/senzor-co-je-to-senzor-a-k-cemu-slouzi/>

CVUT, 2008, *Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: [https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_\(v11\)_Programovani_PLC_TECO_MAT_podle_IEC_61131-3.pdf](https://web.rcmt.cvut.cz/users/cerny/PLC_sup/TXV00321_(v11)_Programovani_PLC_TECO_MAT_podle_IEC_61131-3.pdf)

DRÁTEK, 2024, *Arduino koncový doraz / spínač*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/navody-k-produktum/arduino-koncovy-doraz-spinac.html>

DRÁTEK, 2024, *Driver pro krokové a stejnosměrné pohony L298N*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1271/1420490399.pdf>

DRÁTEK, 2024, *eses klon Arduino uno R3 CH340*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/761/eses1459967190.pdf>

DRÁTEK, 2024, *IIC I2C displej LCD 1602*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1570-iic-i2c-display-lcd-1602-16x2-znaku-lcd-modul-modry.html>

DRÁTEK, 2024, *Infračervený senzor překážek*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/3086-infracerveny-senzor-prekazek.html>

DRÁTEK, 2024, *Koncový doraz a spínač*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/997-koncovy-doraz-spinac.html>

DRÁTEK, 2024, *Senzor detekce barevného spektra*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/1/1397/1420662593.pdf>

DRÁTEK, 2024, *Změna směru otáčení DC motoru*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z: <https://navody.dratek.cz/technikuv-blog/zmena-smeru-otaceni-dc-motoru.html>

ELEKTROPRUMYSL, 2017, *Funkce nouzového zastavení – zásady pro konstrukci*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.elektroprumysl.cz/elektronicke-prvky-a-systemy/funkce-nouzoveho-zastaveni-zasady-pro-konstrukci>

ENIKA, 2024, *ULTRAZVUKOVÉ* [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.enika.cz/komponenty/senzory/ultrazvukove/>

FUSION360, 2024, *Funkce programu Fusion 360*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.fusion360.cz/funkce/>

HOME, 2007, *Optické senzory pro měření vzdálenosti*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné

z: https://home.zcu.cz/~formanek/mmvvyuka/Data/opticke_snimace/optika_vzdalenost.htm

HRUŠKA, František, 2010. *SENZORY Fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití*.

[online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 10 s.[cit. 2024-04-23]. ISBN 978-80-7454-096-7

HRUŠKA, František, 2010. *SENZORY Fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití*.

[online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 80 s.[cit. 2024-04-23]. ISBN 978-80-7454-096-7

HRUŠKA, František, 2010. *SENZORY Fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití*.

[online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 85 s.[cit. 2024-04-23]. ISBN 978-80-7454-096-7

HWKITCHEN, 2024, *Co je Arduino?*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://bastlirna.hwkitchen.cz/co-je-to-arduino/>

IFM, 2024, *Ultrazvukové senzory*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.ifm.com/cz/cs/shared/technologies/ultrazvukove-senzory/ultrazvukove-senzory>

KOTLIN, 2024, *Magnetické snímače*. [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.kotlin.cz/magneticke-snimace>

KOTLIN, 2024, *Optické snímače*. [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.kotlin.cz/opticke-snimace>

KOUTNÝ, Jaroslav a Ivo VLK, 2015, *Elektronika I učebnice*. VYTVOŘENO V RÁMCI

PROJEKTU: DIGITÁLNÍ ŠKOLA: ICT VE VÝUCE TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ

[online], Olomouc: Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická [cit,

2024-04-23]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/616>

LÁSKAKIT, 2024, *Váhové senzory, čidla hmotnosti*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.laskakit.cz/hmotnost/>

OTČENÁŠEK, Martin, 2008, *Distribuované řídicí systémy a jejich využití v praxi*. Brno,

Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky.

OTEVŘENÁ VĚDA, 2017, *Jak funguje elektromotor – NEZkreslená věda III*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

https://www.youtube.com/watch?v=r7vzux7l9y8&ab_channel=Otevřenávěda

ROUBÍČEK, Ota, 2004. *Elektrické motory a pohony*. Praha: BEN – technická literatura, s. 13. ISBN 80-7300-092-X

ROUBÍČEK, Ota, 2004. *Elektrické motory a pohony*. Praha: BEN – technická literatura, s. 99. ISBN 80-7300-092-X

TME, 2024, *KROKOVÝ MOTOR – DRUHY A PŘÍKLADY APLIKACÍ KRKOVÝCH MOTORŮ*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://www.tme.eu/cz/news/library-articles/page/41861/krokovy-motor-druhy-a-priklady-aplikaci-krokovych-motoru/>

VOJÁČEK, Antonín, 2021, *Vertikální bezpečnostní skener místo optozávor pro kontrolu průchodu*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://automatizace.hw.cz/vertikalni-bezpecnostni-skener-misto-optozavor-pro-kontrolu-pruchodu.html>

VSCHT, 2024, *Programovatelné logické automaty*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://uprt.vscht.cz/kminekm/mrt/F5/F5k53-PLC.htm#k531>

ZONEPI, 2024, *Co je mikrokontroler?*. [online]. [cit, 2024-04-23]. Dostupné z:

<https://blog.zonepi.cz/maker-uno-ve-vyuce-1-5-co-je-to-mikrokontroler/>

Konzultace s odborníky z firmy T.M.T

SEZNAM PŘÍLOH

- A. 3D modely
- B. Dokumentace a návod použití
- C. El. schémata
- D. Řídící programy
- E. Text bakalářské práce ve formátu PDF
- F. Funkce_automatické_třídící_linky