



## **Středoškolská technika 2022**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

# **NÁVRH DOPRAVNÍKU PRO PLOŠNÉ SPOJE**

**Jiří Maňák**

Střední škola elektrotechnická  
Tyršova 781, Lipník nad Bečvou

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace**

## **Návrh dopravníku pro plošné spoje**

**Jiří Maňák**  
**Olomoucký kraj**

**Lipník nad Bečvou 2023**

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 10: Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

**Návrh dopravníku pro plošné spoje**

**Conveyor design for printed circuits**

**Autor:** Jiří Maňák  
**Škola:** Střední škola elektrotechnická, Tyršova 781,  
751 31, Lipník nad Bečvou  
**Kraj:** Olomoucký  
**Konzultant:** Ing. Petr Hronek

Lipník nad Bečvou 2023

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval samostatně a použil jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Lipníku nad Bečvou dne: 21. 3. 2023

Jiří Maňák

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu práce panu Janu Staňkovi a Pavlu Škodáčkovi za podnětné připomínky a pomoc při zpracování práce.

## **Anotace**

Práce se zabývá návrhem a popisem dopravníku pro kompletaci plošných spojů. Práce je vyhotovena na základě zjištěných informací o dosavadních technologiích.

## **Klíčová slova**

Automatizace; plošné spoje; zpětná vazba; regulace

## **Annotation**

Main point of this work to explain and describe the conveyor for competition of printed circuit. The work is based on the information that I find and current available technologies for this matter.

## **Keywords**

Automatization; printed circuits; automatized feedback; regulation

# Obsah

1 Popis dopravníku .....	10
1.1 Dopravník .....	10
2 Funkce jednotlivých bloků .....	11
2.1 Blok osazení PCB .....	11
2.2 Blok zapečení .....	11
2.3 Kontrola zapojení a komponent .....	11
2.4 Korekční přepájení .....	12
2.5 Testování spojů .....	12
2.6 Výběr řešení .....	12
2.7 Člen vyřazení .....	12
2.8 Balení .....	12
3 Realizace jednotlivých bloků .....	13
3.1 Osazení PCB .....	13
3.2 Zapečení .....	15
3.3 Kontrola vizuální .....	16
3.4 Znovuosazení .....	17
3.5 Testování zapojení .....	17
3.6 Výběr řešení .....	18
3.7 Vyřazení .....	19
3.8 Balení .....	19
4 Bezpečnost .....	20
4.1 Způsoby ochrany .....	21
5 Alternativní zapojení .....	22
5.1 Provedení vyřazení strojově .....	22
5.2 Podrobná kontrola .....	23
5.3 Rozdělení .....	23
5.4 Zpracování použitelných desek .....	24
5.5 Robotické rameno .....	24
5.6 Odpájení .....	24
6 Funkce ovládání .....	25
6.1 Osazení PCB .....	25
6.2 Zapečení .....	26

6.3 Vizualní kontrola .....	26
6.4 Testování zapojení .....	26
6.5 Vyřazení.....	27
6.6 Balení .....	27
6.7 Vyřazení - strojová realizace .....	27
7 Motivace .....	29



# Úvod

V práci řeším návrh dopravníku pro osazení a následné testování plošných spojů. Dopravník by měl splňovat funkci jejich osazení u již předchystaných plošných spojů, jejich následné zatavení a kontrolu funkčnosti případně odstranění jejich poruch nebo vyřazení vadných kusů.

Tento proces se provádí zcela automaticky bez potřeby lidské obsluhy, pouze s dozorem. V případě poruchy by plošné spoje mohly být dále zkoumány a tento systém upraven tak, aby se dosáhlo ještě vyšší efektivity kompletace.

# **1. Popis dopravníku**

## **1.1 Dopravník**

Samotný dopravník jsem navrhl v devíti blocích, ve kterých se provádí jednotlivé procesy od pájení, kontroly, opravy poruch, až po balení. Tyto bloky popisují jednotlivé funkce, které se v dané části provádějí bez obsluhy lidského faktoru.

Další část práce je teoretická, obsahuje bloky, ty popisují konkrétní sektory, jež byly koncové nebo ošetřeny tak, aby fungovaly co nejefektivněji, abychom snížili čas potřebný k výrobě.

## 2. Funkce jednotlivých bloků

### 2.1 Blok osazení PCB

Jako funkce osazení plošného spoje je myšleno položení a správná orientace jednotlivých součástek. Abychom součástky mohli správně osadit, musíme vzít v úvahu orientaci samotného plošného spoje, polohu součástek v zásobnících a funkce osazovacích robotických ramen. Správnou polohu plošného spoje je možné řešit přes QR kód, orientaci součástek pomocí zařízení vkládání do zásobníků, ve kterých by byly součástky orientovány tak, aby robotické rameno jednotlivé součástky uchopilo a položilo na plošný spoj, na kterém je nanášena pájecí pasta.

#### QR kód

Výhoda QR kódu spočívá v tom, že má orientační body, které určují čtení dat z tohoto kódu. Jestliže vezmeme v úvahu natáčení samotných PCB, tak můžeme využít těchto orientačních bodů, a ty nám určí orientaci dat, pozice PCB, zápis dat k jednotlivým kusům a jejich počet. Dále můžeme definovat počet součástek zatavených na samotné desce a tyto hodnoty dále upravovat při průchodu jednotlivými bloky v závislosti na změně stavu.

#### Data PCB

QR kód můžeme využít pro zápis dat na server o stavu PCB např.: funkčnost, stav zpracování, pozice na dopravníku, jeho poruchy (špatně zatavené piny, neosazené součástky, nebo zkratky a studené spoje), tato data pak budou uložena pod dané ID plošného spoje. V případě nefunkčnosti plošného spoje je možné tento špatný kus poslat zpět na danou linku a tím jej opravit, popřípadě vyloučit z výroby.

#### Stav zpracování

Stav zpracování nebo stav kompletnosti určuje, v jakém stavu zpracování se PCB vyskytuje např.: neosazeno, osazeno – nezataveno/zataveno, chyba zatavení atd. Tyto informace se následně dají zpracovat jako ovládací prvky pro přesun PCB na jednotlivé korekční linky.

#### Poruchy

Poruchy (neboli chyby) mohou nastat v konstrukci, při měření nebo osazování plošného spoje. V případě vyhodnocení senzory jsou zapsány na QR kód a zpracovány.

### 2.2 Blok zapečení

Zatavením upevníme součástky na plošný spoj. To je proces, kdy se musí součástky zatavit při dané teplotě tak, aby byly spojeny a nebyly nepoškozeny. Pec pro zapékání bychom mohli ovládat přes data uložena na QR kód – např. její teplotu i délku procesu zapékání.

### 2.3 Kontrola zapojení a komponent

V kontrolní sekci chceme vizuálně zkontrolovat přítomnosti všech součástek, případně samotného PCB od přerušených vodivých cest. Tento proces provedeme na základě dostupných

dat z QR kódu, který definuje zapojení a počty součástek. Při zjištění vizuální poruchy je daná deska přesunuta na přepájení.

## **2.4 Korekční přepájení**

Do tohoto členu přichází poškozené/nekompletní plošné spoje z dat uložených na QR kódu. Zjistí se, jaké součástky na PCB chybí a poté se tyto součástky dodají a pošlou na opětovné zatavení. Po tomto kroku následuje nová kontrola a odeslání dále.

## **2.5 Testování spojů**

Při testování se zaměříme na testování jednotlivých součástek a jejich vodivost, popřípadě jejich studené spoje. Desky, které mají poruchy z důvodu špatného nebo nedostatečného zatavení, se posílají zpět do pece k opětovnému zatavení. Dále můžeme zjistit přerušené cesty na desce.

## **2.6 Výběr řešení**

Zde se provede kontrola z QR kódu, na kterém jsou zapsaná data z předchozího průběhu a dle okruhu poruchy se provede akce. Převod na opětovné zatavení plošného spoje, nebo vyřazení z výroby. Při nevyřešení problému po zatavení desky se tento proces neopakuje a tyto desky jsou také vyřazené.

## **2.7 Člen vyřazení**

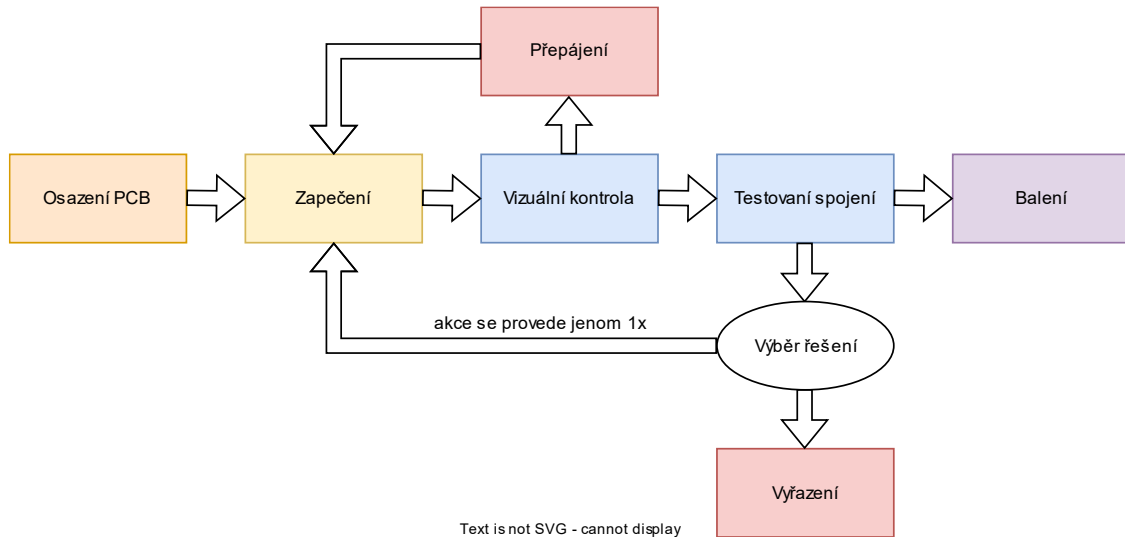
V tomto členu končí nefunkční spoje. Spoje, jež mají chybu, kterou dopravník nedokázal vyřešit nebo analyzovat. Tyto desky můžeme nechat projít manuální kontrolou.

## **2.8 Balení**

V tomto bloku zabalíme dané hotové plošné spoje dle příslušné objednávky.

### 3. Realizace jednotlivých bloků

Každý blok má svou definovanou funkci. Systém „drží“ výrobní linku a ta je vázaná napříč všemi funkčními bloky schématu.



Obr. 1: Zapojení dopravníku [vlastní]

#### 3. 1 Osazení PCB

##### Dopravník

Dopravník se bude skládat z pásu, na kterém budou upevněny přípravky pro uchycení plošného spoje. Na tomto pásu jsou uchycovací protikusy, které zajišťují stabilitu a zvyšují přesnost celkové produkce.

##### Osazování

Před samotným osazením musíme na desku nanést pájecí pastu pomocí robotického ramena, které bude mít injekční koncovku se zásobníkem pasty a bude ovládáno hydraulickým stlačováním (sítotisk).

Osazování je zařízeno robotickými rameny, které se starají o nabírání součástek ze zásobníku. Uchycování součástek může být řešeno přes dvoupólové uchycovací hlavy.

Zásobníky budou plněny součástkami stejného typu a mohou být rozlišovány barevnými kódy nebo nastavením fixní hodnoty.

## Senzorika

Využijeme zde kameru pro snímání barev zásobníku pro ovládání ramen. Tato kamera bude umístěna tak, aby měla výhled a dostatečné osvětlení pro správnou funkci. Pro přesnější snímání můžeme použít laserové snímače barev.

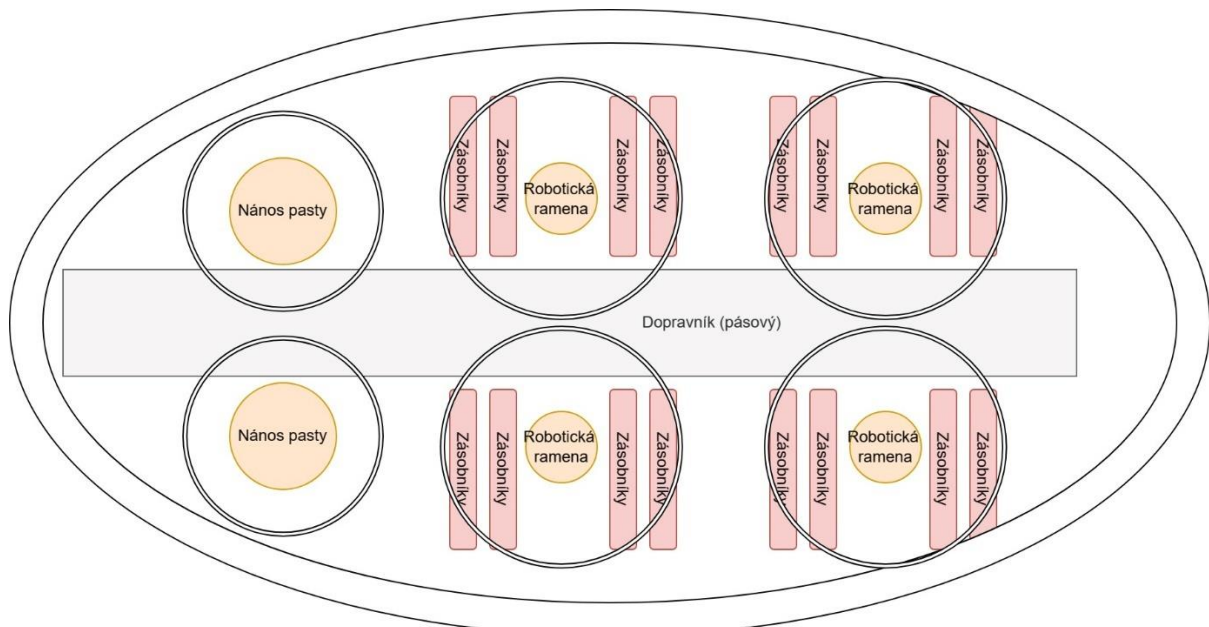
Robotická ramena: u těchto ramen budeme potřebovat pohyb ve všech osách a přesnou motoriku samotných nástavců, které se dokážou orientovat tak, aby byly schopné osadit součástky ve správné polarizaci a bez poškození pouzdra. Dále u těchto ramen budeme muset ošetřit jejich operativní zónu a množství ramen na tomto pracovním sektoru.

Čtení a zápis QR kódů: QR kódem můžeme řídit orientaci samotného plošného spoje a následně správnou funkci ramen a polarizaci samotných součástek. Zápisem určujeme, v jaké fázi se daný plošný spoj nachází.

Snímání přípravku na uchycení plošného spoje budeme řešit v případě porušení QR kódu, abychom mohli sledovat průběh pohybu přípravku s plošným spojem.

## Vytížení

Při nízkém vytížení sektoru osazování bychom soustředili výrobu jenom na jednu stranu výroby, tím pádem bychom omezili využití ostatních přístrojů, tím bychom ušetřili elektrickou energii a zachovali efektivitu výroby.



Kamerový systém/barvové senzory sledující barvy zásobníků

Obr. 2: Zapojení dopravníku [vlastní]

## 3.2 Zapečení

Úkolem je součástky přiložené na desku připevnit a spojit.

Zapečení provedeme pomocí velkoobjemové pece, do které budeme tyto PCB skládat a hromadně zapékat. Po zapečení plošného spoje musíme tyto desky vizuálně zkontrolovat. Poté je umístíme na dopravník.

### Senzorika

Samotná pec se musí před zahájením procesu přehřát, následně může začít samotný proces zapékání.

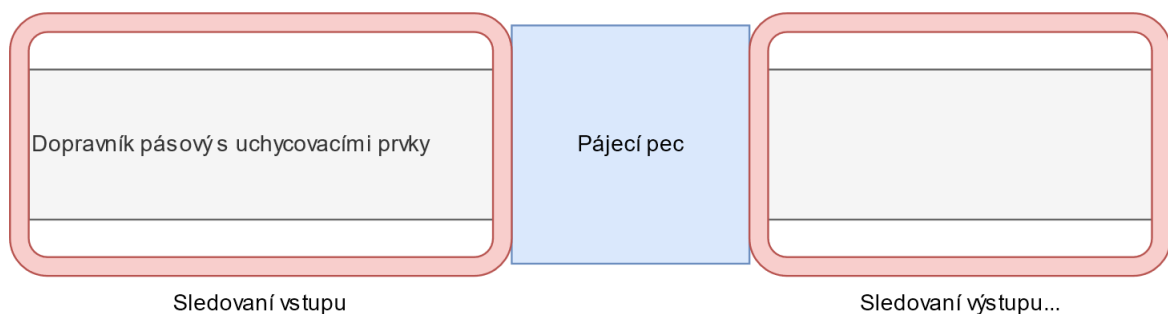
Kamerový systém na sledování QR kódů slouží k určení pozice a orientace.

Laserový spínač (laserové brány) funguje k určení počtu vložených a vytažených PCB. Jediný problém, který by mohl nastat je ten, kdy se dva plošné spoje překryjí a tím by byl načten pouze jeden, ne dvě PCB. Tomuto lze předejít vkládáním spojů do jedné řady, a tak by tento problém neměl nastat.

### Vytížení

Při maximálním vytížení pec pojme určitý počet spojů. Při nízkém počtu kusů se buď může využít zapojení s menší pecí o menším výkonu nebo se vyčká na poslední kus „várky“, která je ve výrobě.

V případě jedné pece je spotřeba elektrické energie stejná nezávisle na počtu desek.



Obr. 3: Blok pájení [vlastní]

### 3.3 Kontrola vizuální

Kontrolujeme správnost zapojení a samotné vady na plošném spoji, chybějící komponenty nebo špatně uložené komponenty.

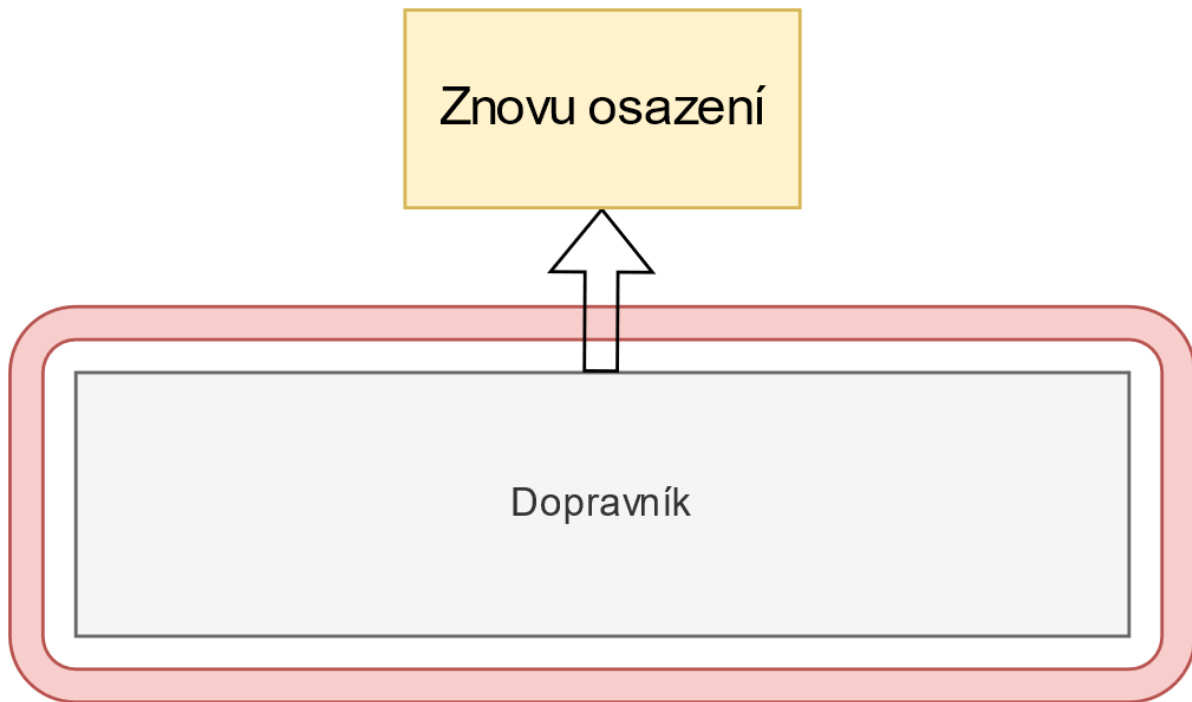
#### Senzorika

Využijeme laserové sledování, které vizuálně zkontroluje fyzickou formu plošného spoje a dle schématu kontroluje samotné zapojení, polarizaci a chybějící součástky.

Kamerový systém pro čtení QR kódu, který určuje orientaci, následně zapisuje data z tohoto plošného spoje, aby případná oprava byla rychlá a s přesností určení jednotlivých chybějících součástek.

#### Vytížení

Na tomto bloku řešíme hustotu zatížení, musíme dodržet rychlost kontroly, aby proces proběhl bez potencionálních chyb v důsledku nesprávného finálního vyhodnocení a následného zpracování.



sledování QR kódu, lasery skener...

Obr. 4: Blok vizuální kontroly [vlastní]



### **3.4 Znovuosazení**

Tento proces se provede v již existujícím bloku osazení, rozdíl oproti celkovému osazení bude ten, že se osadí pouze chybějící komponenty dle informace uložené na samotném QR kódu. Tímto eliminujeme ztráty komponentu v procesu osazení. Po dokončení tohoto procesu se s deskou nakládá jako s jakoukoliv právě osazenou.

#### **Nevýhody**

Při vizuální kontrole může nastat problém s definicí poruchy nebo chybějícími komponenty. Tyto informace musíme stanovit pro každý model plošného spoje shodně - u osazování a kontroly funkčnosti. Mezi další problémy kontroly patří nečistoty. Problém může nastat, když se v místech, kde je nějaký definovaný spoj nebo součástka, vyskytne šmouha nebo jenom nějaké nežádané osvětlení či zastínění.

### **3.5 Testování zapojení**

Testujeme plošné spoje, jejich funkčnost, potencionální poruchy a zkratky. Parametry budeme testovat přes testovací jehlové pole, na kterém provedeme otestování všech spojů.

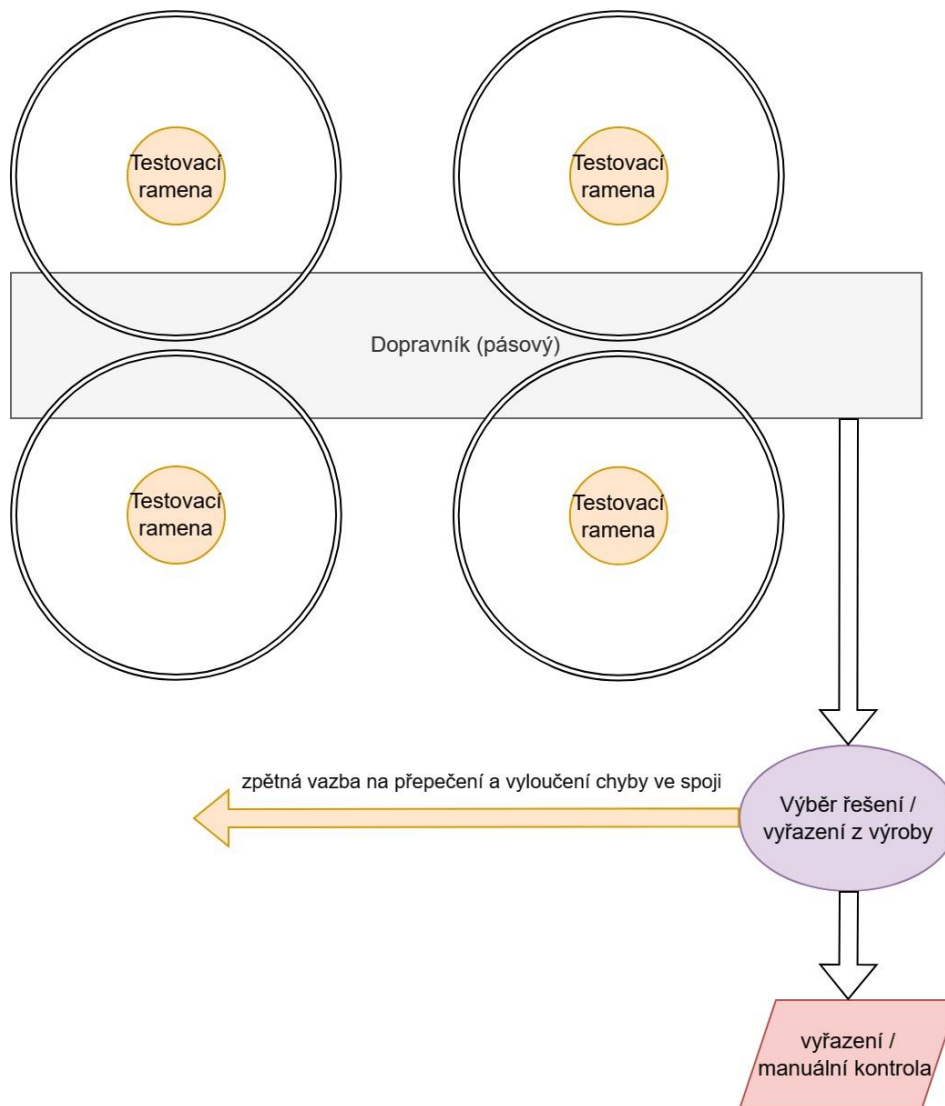
#### **Senzorika**

Jedná se o snímání orientace plošného spoje. Je nutné mít plošný spoj správně usazen, jinak nebude možné testování provést z důvodu rozlišnosti mezi schématem PCB a samotným zapojením neboli souřadnice nebudou odpovídat reálnému zapojení.

Testování provedeme pomocí bodového propojování jednotlivých součástek. Pro rozhodnutí správnosti zapojení předefinujeme hodnoty součástek, středové hodnoty výstupního testování a tím vyloučíme vady na součástkách.

#### **Vytížení**

Vytížíme soustavu, která operuje na obou stranách při nízké zátěži. Využijeme jednu testovací stanici, další stanice necháme neaktivní.



Obr. 5: Blok kontroly funkce [vlastní]

### 3.6 Výběr řešení

Při řešení provádíme výběr na základě posudku, který vyhotoví strojová logika, která na základě uvedených parametrů určuje opravitelnost samotného plošného spoje, nebo naopak jeho vyřazení. Stroj se v našem případě rozhoduje v rámci poruch, které je PCB opravitelné např.: zkrat, studený spoj, špatné připájení. Tyto podmínky při splnění jsou řešitelné samotným přepájením. U těch PCB, které prošly systémem více než jednou a jejich problém nebyl vyřešen je proces ukončen vyloučením z výroby. PCB která se nedají „zachránit“ jsou automaticky vyloučena. Může se jednat o rozpojené kontakty na desce, poškozené součástky (s tímto souvisí zkrat, ale v našem případě bereme zkrat jako více propojených pinů, nebo spojů pomocí cínu, nebo jiného propojovacího materiálu). Tento problém se dá vyřešit přepájením, cín se rozdělí a připevní se na nejbližší kovovou plochu.

## **Senzorika**

Využije zde data na QR kódu, která plní roli datového sběru, který nám následně logika porovná s daty pro opětovné vyřešení problému, nebo jeho vyloučení.

Dále musíme sledovat samotnou orientaci QR kódu, tento proces je spojený s kusem, se kterým pracujeme.

## **Vytížení**

U nízkého vytížení se snažíme soustředit kontrolu při nejmenší rychlosti a na jednu stranu dopravníku z důvodu vyžadovaných senzorů, které sledují samotný plošný spoj, jeho pozici a pak se starají o samostatné testování.

## **3.7 Vyřazení**

Vyřazením plošného spoje proces končí pro pásovou výrobu, ale je potřeba tento spoj ošetřit kontrolou, abychom vyloučili nebo potvrdili defektní části. Pro odzkoušení využijeme data, která byla přes QR kód nahrávána na server, se kterým pracoval samotný dopravník. Tato data můžeme použít pro analýzu plošného spoje. Při potvrzení jsou tyto plošné spoje nepoužitelné, naopak při nezjištění daného problému, který stroj našel nebo vyhodnotil je možno tuto desku vrátit do výroby.

## **3.8 Balení**

Procesem balení ukončujeme samotnou výrobu plošného spoje. Tyto plošné spoje jsou buď uskladněny nebo zabaleny k předání zákazníkovi.

## **Senzorika**

Proces vyžaduje vyjmutí osazeného plošného spoje z přípravku, ve kterém byl uložen po většinu průchodu dopravníkem. Zde v tomto bloku jsou dva různé dopravníky – první pro separaci a druhý s nástavci, které potřebujeme k dalšímu postupu. Na tento dopravník plošné spoje usadíme a necháme je dojet až k místu, kde je chceme skladovat nebo balit k odeslání.

O tuto funkci přemístění a samotného přenesení do jednotlivých balíčků, krabic, či jiných přepravních nástrojů se starají robotická ramena, která načtou QR kód a tímto způsobem manipulují s plošnými spoji. U druhého dopravníku řešíme dále umístění sledováním skladovacího prostředku nebo přepravního média, které musíme sledovat buďto ramenem jako předdefinované plochy nebo plochou, která bude snímat její pokrytí a výšku úschovného media.

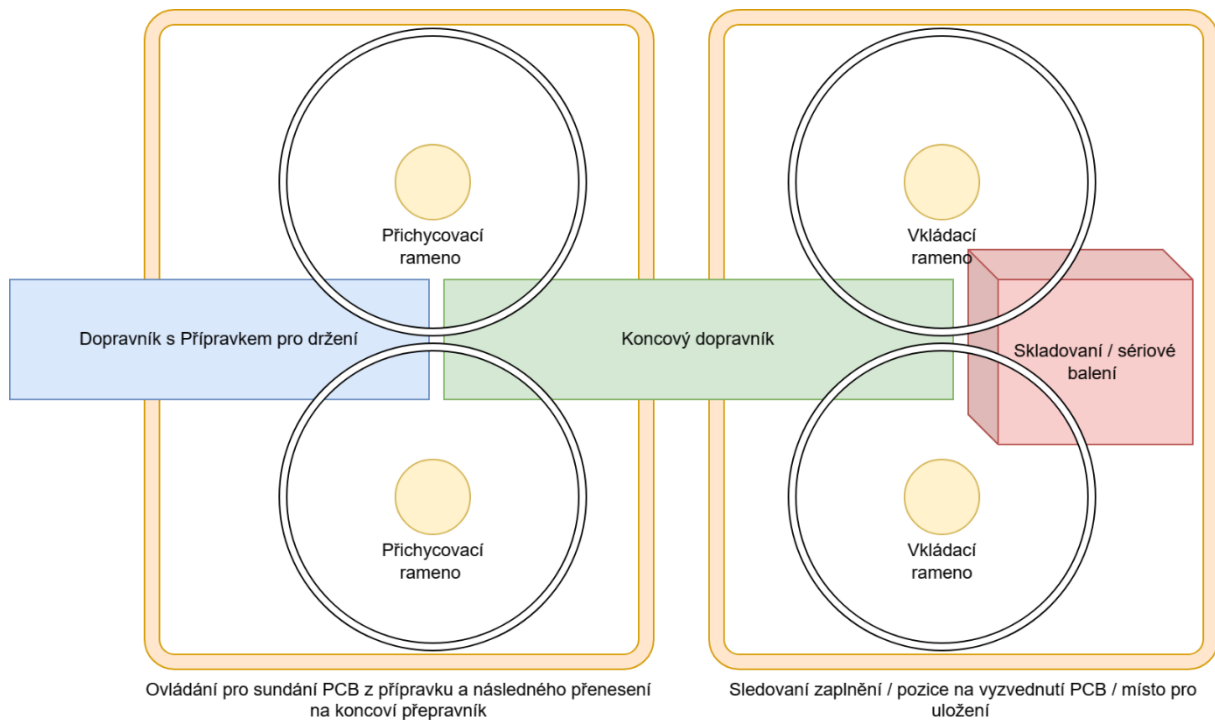
Tyto senzory můžeme řešit laserovým navigováním ramena a už dříve řečenou snímací podložkou a venkovním hladinovým laserem, který určuje rozměry výšky krabice (tvoří 3D model).

Vnitřek úschovny můžeme sledovat sonickým senzorem, který vytváří hloubku samotného modelu a jeho koncové rozměry.

## **Vytížení**

Sekundární dopravník oproti hlavnímu výrobnímu je mnohonásobně pomalejší z důvodu efektivity, intenzity plošných spojů vedle sebe, a pomalé i precizní práce ramen, která musí být opatrná, aby nepoškodila ostatní desky v průběhu manipulace. Jejich činnost jsme schopni

ošetřit dálkovými senzory, které signalizují, jak daleko se nachází samotná hlava s nástavcem od podlahy krabice nebo jiného spoje, popřípadě od nějakého vloženého izolačního (ochranného) materiálu.



Obr. 6: Blok skladování [vlastní]

## 4. Bezpečnost

Bezpečnost celého dopravníku je jeden z nejdůležitějších faktorů. V případech ohrožení kolemjdoucích pracovníků nebo při přepravě strojů v okolí dopravníku, je dopravník nevyhovující. Způsobů, kterými se dá zajistit bezpečná funkce je spousta, avšak hlavním bezpečnostním prvkem je spínač. Ať už fungují mechanicky nebo opticky na stejném principu, při přerušení zastaví funkci dopravníku.

## 4.1 Způsoby ochrany

Bezpečnost můžeme dělit na další podkategorie: bezpečnost okolí, bezpečnost ostatních přístrojů a důraz na kvalitu produktu (zabezpečení kvality).

### Bezpečnost okolí

Zabýváme se prvky, které hlídají pohyb zaměstnanců nebo strojů v nebezpečně blízkém okolí dopravníku, které by mohly narušit chod zařízení nebo způsobit zranění, popřípadě usmrtit.

V tuto chvíli nás zajímají prvky, které mohou sledovat okolí dopravníku a zamezit tak újmám na zdraví nebo poškození přístrojů dopravníku.

Zejména se zaměříme na kamerové systémy s rozpoznáním obličeje, laserové brány, které by mohly zpomalit funkci dopravního a konstrukčního procesu. Tyto brány by mohly být nastaveny pro vzdálenost hladiny, které by se staraly o rychlost, dle pozice osoby, či stroje a dle těchto parametrů regulovat, nebo úplně zastavit funkci dopravníků

Tyto systémy se dají kombinovat s alarmovým systémem, který může upozornit zaměstnance pověřené kontrolu bezpečnosti, např. při nebezpečné blízkosti operujících strojů.

Dále můžeme využít fyzické bariéry, tyto metody nejsou tak sofistikované, ale stále efektivní.

### Bezpečnosti ostatních přístrojů

Dbáme zejména na rozestupy samotných přístrojů, které by mohly kolidovat v samotné hierarchii dopravníku. Při překročení bezpečné vzdálenosti by mohlo dojít ke poškození nebo zničení částí dopravníku.

Jedním z efektivních způsobů, kterým můžeme kolizi omezit, je vzdálenost jednotlivých přístrojů, ale v některých případech je toto řešení velice nevyhovující. V tuto chvíli bychom mohli využít laserové bariéry, které stroje nemohou překročit. Při překročení budou buď okamžitě vypnuty nebo přesměrovány zpátky do bezpečné polohy. Tento typ řešení můžeme pozorovat u robotických ramen, které se své bezpečné zóny „drží“ stále, může být omezen jejich pohyb do stran, ale v případě, že je nutné, aby se rameno otáčelo v rozsahu 360°, musíme ošetřit kolizní stavy. Tyto stavy můžeme vyřešit stažením ramene do co nejkompaktnější polohy a poté provést samotnou rotaci do zadané polohy.

Dále může využít senzory přímo na daných přístrojích, např. robotických ramenech, senzory vzdálenosti, akcelerometry pro sledování neobvyklých zrychlení, depth senzory pro pozici vertikální.

### Kvalita produktu

Kvalita produktu může být docílena tím, že stroje budou pracovat s vysokou přesností. Při nedodržení přesností můžeme totiž produkt poškodit tím, že vyvineme příliš vysokou sílu, nebo některé části nepojíme správně, anebo samotný komponent posuneme na jinou pozici. V opačném případě získáme kvalitní produkt, který bude funkční za předpokladu, když nebude poškozený některý z přidělaných komponentů, nebo jiných částí, které jsou z naší strany neovlivnitelné.

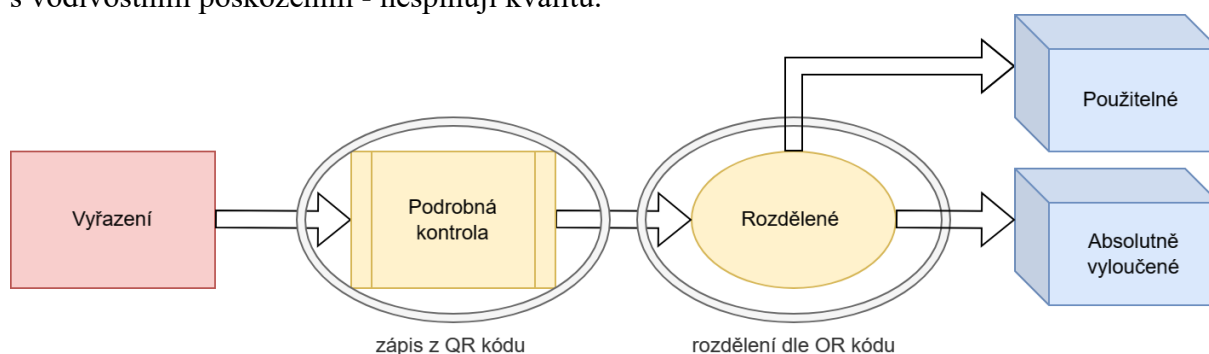
## 5. Alternativní zapojení

Alternativními zapojeními jsou myšlena zapojení, která nejsou uvedena v hlavní části práce, ale dala by se využít v případné expanzi tohoto dopravníku. Tyto expanze neovlivní samotný dopravník a jeho hlavní funkční část, ale ostatní pomalejší bloky, které se musí dále manuálně zpracovat a pro odstranění tohoto faktoru jsou nezbytná.

### 5.1 Provedení vyřazení strojově

Vyřazení nefunkčních desek by bylo možné zprovoznit také strojově, ale stroje pracují pomalu a proces je zdoluhavý, proto se nevyplatí mít připojení přímo v hlavním sestavovacím dopravníku. Zapojení obsahuje propojovací pole, které se dotýká všech možných kontaktů, které by mohly být poškozené, nebo v daném sektoru, který byl označen za porušený. Tento sektor není určen k opravě jednotlivých desek, ale je navržen tak, aby desky dělil dle poruchy do tzv. použitelných desek, které mají upozornit na připájené nefunkční součástky nebo spoj, na který nebyla nanášena pájecí pasta (z neznámého důvodu, nefunkční tryska, vzduch v trysce).

Nepoužitelné desky s defekty jsou např. poškozené samotné desky (zlomeniny, přerušení), s vodivostním poškozením - nesplňují kvalitu.



Obr. 7: Blok strojového vyřazení [vlastní]

## 5. 2 Podrobná kontrola

Zaměříme se na sekci, ve které jsme objevili chybu, tato sekce je uložena na QR kódu, ze kterého tato data čerpáme. Kontrolu řešíme propojovacím polem, které zaměříme na sekci, která byla označena jako nevodivá nebo zkratovaná. Tuto sekci otestujeme a dle zjištění jsme schopni řešit typ poruchy a dále, zda je tento plošný spoj možné použít, nebo je poškozený. Poškozené plošné spoje jsou ty, které mají defekt a není je možné nadále použít. Tyto desky jsme nuceni vyřadit.

Plošné spoje se zkratem testujeme, zda je samotná vodivá cesta propojená na místech, kde by měla být, či nikoliv. Dalším případem je poškozená součástka, která spojuje nesprávné spoje, nebo její pájení proběhlo neúspěšně a součástka je posunutá nebo pootočená, tyto plošné spoje můžeme nadále použít, ale bude potřeba manuálního odpájení nebo strojové odstranění nefunkční součástky.

### Dopravník

Využijeme pásový dopravník se stejným přípravkem pro držení těchto desek.

Jediná změna oproti hlavní části dopravníku je ta, že u této části testujeme jednu desku na jednom propojovacím poli, což může trvat poměrně dlouhou dobu.

### Vytížení

Jelikož na jeden plošný spoj můžeme využít jednu testovací soupravu, vytížení závisí na počtu těchto soustav. V případě čtyř soustav bychom mohli zpracovávat až čtyři plošné spoje.

## 5. 3 Rozdělení

V tomto bloku přečteme, jaké desky jsou dále použitelné a jaké nikoliv. Po rozdělení je pošleme do míst jejich výchozího uložení, ze kterých je pak dále můžeme čerpat nebo recyklovat.

### Dopravník

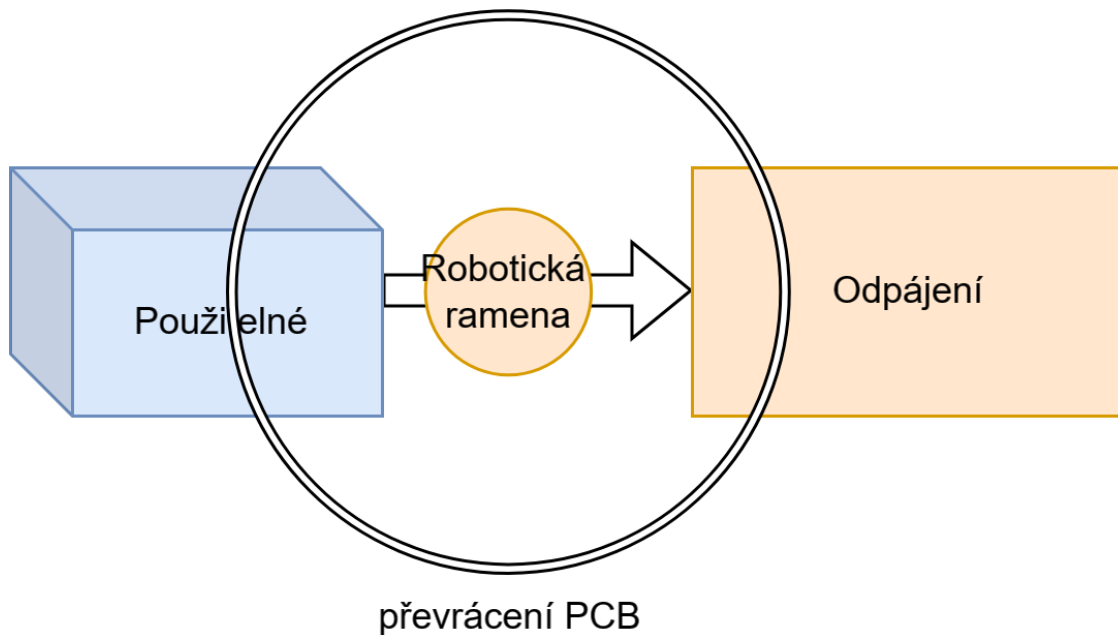
Oba tyto bloky jsou tvořeny jedním pásovým dopravníkem, který na konci směřuje jednotlivé spoje na jejich destinaci.

### Vytížení

U rozdělovacího dopravníku plošné spoje jedou sériově, daným přepínáním směrů se tyto plošné spoje dělí.

## 5.4 Zpracování použitelných desek

Po analýze můžeme dále zpracovávat plošné spoje s vadnými součástkami. Tyto součástky můžeme odstranit, po odstranění získáme znovu použitelný spoj, který můžeme znovu osadit.



Obr. 8: Blok odpájení [vlastní]

## 5.5 Robotické rameno

V tomto případě má rameno za úkol uchytit plošný spoj. Tento spoj je pak přenesen na odpájení.

## 5.6 Odpájení

Zde je poškozená součástka zahřátá na teplotu tavení cínu, abychom ji mohli odstranit a využít tento spoj znovu k osazení. Můžeme využít více principů, buď využijeme robotické hlavy, které „drží“ pájku a odsávací měděnou drátěnku, nebo horkovzdušnou pistoli, kterou zahříváme celou plochu součástky.



## **6. Funkce ovládání**

Samotná funkce datového centra, ovládání jednotlivých prvků na každém bloku.

### **6. 1 Osazení PCB**

V tomto bloku řešíme ovládání jednotlivých ramen senzorů a ovládání rychlostí dopravníku.

#### **Ovládání nánosných ramen**

Ramena ovládáme na základě informace přijaté z QR kódu, server vyhodnotí stavy jednotlivých robotických kloubů a začne provádět práci. Dále využíváme senzory vzdálenosti, abychom do samotné desky nenarazili obrovskou silou, a tak desku nepoškodili. Po přiblížení se do stavu, ve kterém je rameno schopné na vodivé podložky nanést pájecí pastu, se proces provede a postupně se nanese na všechny tyto podložky. Proces je ukončen posledním nánosem, stav o vyhotovení procesu je zapsán na QR kód a v tuto chvíli můžeme zpracovávat další procesy.

Použité senzory: kamera s laserovým zaměřováním pro čtení QR kódu, využití orientačních bodů, využití a zápis dat na server. Senzor vzdálenosti pro ovládání přibližování v horizontální ose.

Hlídní samotného ramene pro styk s ostatními komponenty řešíme laserovou zdi a rozestupy mezi jednotlivými komponenty. Při překročení zdi je poslána na rameno informace k okamžitému stažení a funkce celého dopravníku je po dobu stahování ramene zpomalena, aby nedošlo ke kolizi.

#### **Ovládání ramena pro osazení**

Ovládání je téměř totožné s ovládáním i bezpečnostními prvky, které se využívají u nánosových ramen s rozdílem, že rameno postupuje osazení při výběru součástek ze zásobníků až poté je osadí. Rameno v tomto případě má 3 stavy - lokalizace, úchyt a osazení. Při lokalizaci se načítají data ze senzorů a motorů, určíme polohu ramene a z této polohy navigujeme dle chromatického spektra zásobníku na zásobník s daným typem součástek, které se osazuje na danou pozici desky.

Uchycení je zařízeno hlavou, která součástky uchopí a položí na desku. S dostatečnou silou je na desku přitlačí tak, aby při další manipulaci neupadly.

#### **Zápis výstupních dat**

Data, která jsme v tomto bloku zapsali na datové uložení, můžeme využít jako pojistný systém, který udává krok, ve kterém by se deska měla nacházet, popřípadě přivedení desky, která už byla v jiných cyklech. Zde se provádí chybné části řešení.

## 6. 2 Zapečení

V bloku zapečení řešíme finální kontrolu, jestli deska prošla předchozím procesem osazení. Počítáme počet desek, která se vkládají do pece.

### Zapečení

Při zapékání nastavujeme pec na teplotu, která je ideální nebo nastavená zákazníkem a nastavujeme čas pečení. Dále můžeme řešit délku trvání procesu a samotné chlazení.

### Sledování výstupního produktu

Sledujeme výstupní hodnoty a porovnáme je s hodnotami vstupními. Při neshodě se proces zastaví, abychom nepoškodili spoj nebo pec samotnou.

### Senzory

Sledování QR kódu pomocí kamerového systému. Nastavení teploty a délky procesu, sledování a zpětná vazba pece při přehřátí.

## 6. 3 Vizuální kontrola

Vizuální kontrolou chceme porovnat zadání s reálným zapojením neboli schématem. Při porovnání tohoto zapojení mohou nastat dva stavy. První stav je identický se zadáním a tím pádem je spoj poslán na další blok dopravníku. Druhý stav je neidentický neboli na desce chybí součástka a tato deska je poslána zpátky na blok osazení a znovu zapečení.

### Výsledná data

Data vyhodnotíme jako dva základní stavy. Při stavu druhém určujeme, na jaké části se vyskytla chyba neboli kde chybí (v jaké části) součástka, která potřebuje být přepájena.

### Senzory

Využíváme laserového skenování povrchu a rozpoznání barev pro zjištění barvových kódů součástky, dle schématu určíme body, ve kterých chybí součástky.

## 6. 4 Testování zapojení

Řešíme dále stabilitu u tohoto testovaného obvodu, řešíme hlavně napěťové hladiny na daných osazených součástkách. Neřešíme problematiku přerušených vodičích cest a studených spojů, při této poruše automaticky plošný spoj posíláme na vyřazení, ve kterém se ještě dále rozhoduje o vykonání dalšího procesu zpracování.

### Senzory

Řešíme podobně jako u dřívějších robotických ramen s tím rozdílem, že máme kontaktní hlavu, kterou přikládáme na jednotlivé piny, ze kterých měříme změnu dle tabulek. Vyhodnocená data jsou pak uložena na QR kód.

Dále řešíme snímání orientace desky z důvodu zapojení a navádění samotného ramene.

## 6. 5 Vyřazení

Vyřazení se stará o následovné rozhodnutí, zda je nutno poškozenou desku vyřadit z výroby, nebo ji nechat projet traktem přepečení.

### Senzorika

Řešíme, jaký spoj nám přišel na rozhodovací logický člen, tento člen projde data uložena na serveru. Rozhodujeme se na základě, mezi jakými body se vyskytuje, problém při přerušení mezi vodivými cestami je automaticky vyřazen. Při poruše na součástce samotné necháme tento spoj projít přepečením. Po průchodu tímto procesem je zase spoj zkontrolován a při zjištění stejného nebo jiného problému je tento spoj také vyřazen z důvodu úspor energií a dále nadbytečnosti.

## 6. 6 Balení

V procesu balení řešíme pouze skládání samotných spojů do krabic nebo na skladní pozice.

Zde se rozdělují dopravníky, první s přípravky na uchycení a druhý na který budou desky jenom položeny, tím ponecháme čas skladovacím ramenům na orientaci a důkladné uložení.

### Senzorika

Zde řešíme hlavně čtení krajních hodnot plošného spoje pro uchopení, tyto desky musíme uchytit tak, aby šly uložit. O tyto pokyny se stará QR kód, který vše řeší dle pozice umístění plošného spoje (pozice se může měnit na zadání samotného zákazníka). Sekundární dopravník je velice pomalý z důvodu operace samotných ramen, tyto desky musí uchopit tak, aby se mohly následně uložit do úložné desetince. Senzory, které se starají o uchop spoje, jsou umístěny na rameni a kamerách v okolí, na základě těchto informací vyhodnotíme ideální úchop.

Dále tyto desky musíme uložit, na místě jsou senzory, které sledují samotný prostor pro uložení těchto desek. Využíváme proto senzory na ramenech, sonary pro určení tloušťek a hloubek objektu, do kterého chceme tyto desky uložit.

## 6. 7 Vyřazení - strojová realizace

Řešíme nedokonalou problematiku s vyřazením. Z důvodu zrychlení jsou některé funkční desky také vyřazeny z procesu, v tuto chvíli by nastaly ztráty.

### Podrobná kontrola

Zde řešíme problematiku kontroly samotných desek, které byly vyloučeny z hlavního procesu výroby. V tomto případě testujeme desky, které byly vyloučeny s neopravitelnými chybami i desky, které hlavním procesem prošly podruhé a byly vyloučeny z důvodu úspory času.

### Senzorika

Jako u testovacího bloku hlavního dopravníku i zde řešíme sledování a kontrolu samotné desky. Oprosti původnímu testování jsme využili složitější logiku, která sleduje samotné cesty a jejich spínání, dle tohoto pozorujeme, v jaké části obvodu nastal zkrat, studený spoj, či přerušení samotné vodivé cesty.

## **Rozdělení**

Desky rozdělujeme dle informace uložené na QR kódu, tyto informace jsou rozhodující pro stanovení funkčnosti desek, které nemají poškozené vodivé spoje. Dále vyřadíme desky s definitivním defektem na samotné desce.

## **Senzorika**

Řešíme sledování příjezdových desek. QR kódem určujeme, jaké desky jsou využitelné a jaké naopak potřebujeme vyloučit.

## **Uložení desek**

Desky jsou dopravníkem dopraveny na mezisklad, kde vyčkávají na další manipulaci. U nefunkčních desek vyčkáme na opravení, nebo zasíláme na další blok, kde řešíme odpájení samotné poškozené součástky nebo spoje.

## **Zpracování funkcí desek**

Při zpravování desek řešíme jejich dopravu na funkční člen, který se stará o samotné odpájení daného komponentu. Robotické rameno se stará o náběr z meziskladu, ve kterém uchováváme nefunkční desky a které čekají na odstranění nefunkčního komponentu.

## **Odpájení**

Využíváme přístroj, který „drží“ v jednom rameni pájku a v druhém odsávací měděnou drátěnku. Sledujeme orientaci pomocí QR kódu a senzory vzdálenosti ovládají pájku a její pohyby.

Po dokončení tohoto procesu se deska uloží do meziskladu a poté jsme ji schopni použít v hlavním sestavovacím pásu.

## 7. Motivace

K vytvoření této práce mě motivoval otec, který vyvíjí plošné spoje pro firmu vyrábějící ekologické kotle na tuhá paliva a jejich regulátory. Otec se momentálně zabývá vývojem plošných spojů pro regulaci těchto kotlů, jejich veličin teploty, čerpadel, ventilátorů, senzorikou přehřátí a další. Dopravník jsem navrhl z důvodu zavedení změny ve výrobě, která momentálně probíhá manuálně a prakticky není možné vyrábět požadovaný počet kusů.

Dále mě téma vývoje a kompletace plošných spojů zajímá již delší dobu a snažím se v tomto oboru prohlubovat svoje vědomosti.

## Závěr

Dopravníky usnadňují práci v hromadné výrobě, ovšem nevyplatí se v případě kusové výroby. Práce při výrobě jednoho spoje je poměrně zdlouhavá a vyplatí se tedy až při větším množství vyrobených kusů. Samotné zapojení v blocích není příliš složité. Server, kterým ovládáme jednotlivé prvky, musíme mít precizně navržen pro práci s daty tak, aby byl schopný ovládat většinu přístrojů zároveň, a navíc číst samotné QR kódy, které vytvářejí jak orientační, tak datové body, ze kterých čerpáme převážnou většinu informací a které jsou nezbytné k postupu ve výrobě.

Možnost alternativního zapojení jsem v této práci uvedl z důvodu, že tyto bloky by při osvědčení systému bylo možno využít, a tak ještě více zautomatizovat soustavu osazování plošných spojů.

## Použité zdroje

- [1] QR kód. *Wikipedie* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/QR\\_k%C3%B3d](https://cs.wikipedia.org/wiki/QR_k%C3%B3d)
- [2] Vizualní kontrola. *BALLUFF* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/cs-cz/priklady-pouziti-a-reseni/vizualni-kontrola-kvality-pri-vychystavani>
- [3] Sestava pásových dopravníků. *VERVA* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.verva-tech.cz/p-sestava-pasovych-dopravniku-pro-lisovnu-plastu-fxm-hl-080-cta>
- [4] Pásový dopravník. *Wikipedia* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1sov%C3%BD\\_dopravn%C3%ADk](https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1sov%C3%BD_dopravn%C3%ADk)
- [5] Dopravníkové komponenty. *DRASAR* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.drasar.cz/cs/dopravnikove-komponenty>
- [6] Popis produktů. *Chropynská Strojírna* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.chropynska.cz/24667-produkty>
- [7] *TME* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/>
- [8] *SvětSoučástek.cz* [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.svetsoucastek.cz/plosne-spoje-cuprextit-c10570/>
- [12] *Vlastní: koncepce, popis, teorie, bloková schémata*

## Seznam obrázků

Obr. 1: Zapojení dopravníku .....	13
Obr. 2: Zapojení dopravníku .....	14
Obr. 3: Blok pájení .....	15
Obr. 4: Blok vizuální kontroly .....	16
Obr. 5: Blok kontroly funkce .....	18
Obr. 6: Blok skladování .....	20
Obr. 7: Blok strojového vyřazení .....	22
Obr. 8: Blok odpájení .....	24