



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

NÁVRH SYSTÉMU PRO OPTIMÁLNÍ SMĚROVÁNÍ OSOB V UZAVŘENÝCH PROSTORÁCH

DESIGN OF A SYSTEM FOR OPTIMAL ROUTING OF PEOPLE IN CLOSED SPACES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Josef Otevřel

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Josef Otevřel

ID: 240406

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Návrh systému pro optimální směrování osob v uzavřených prostorech

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte průzkum existujících systémů pro sběr a vyhodnocení dat o pohybu osob v nákupních centrech.
2. Navrhněte softwarovou část modulárního systému pro detekci průchodů osob.
3. Implementujte SW část systému.
4. Zpracujte podrobnou dokumentaci k celému systému.
5. Proveďte dlouhodobé testování systému.
6. Zpracujte podrobnou dokumentaci k metodice a výsledkům testů.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Miroslav Horký: Modely hromadné obsluhy, Diplomová práce, VUT, 20154

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 22.5.2024

Vedoucí práce: Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.

Ing. Miroslav Jirgl, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je provést průzkum existujících systémů pro sběr a vyhodnocení dat o pohybu osob v nákupních centrech a zhodnotit je. Dále sestrojít zařízení schopné počítat průchody osob. Navrhnout a implementovat softwarovou část k tomuto systému a vypracovat dokumentaci. Na závěr otestovat funkčnost a zhodnotit dosažené výsledky.

Klíčová slova

Průchody osob, sběr dat, C#, TOF kamera, senzor.

Abstract

The aim of the bachelor thesis is to conduct a survey of existing systems for collecting and evaluating data on the movement of people in shopping centres and to evaluate them. Furthermore, to construct a device capable of counting the passage of people. To design and implement the software part of this system and to write the documentation. Finally, test the functionality and evaluate the obtained results.

Keywords

Passages of people, data collection, C#, TOF camera, sensor.

Bibliografická citace

OTEVŘEL, Josef. Návrh systému pro optimální směrování osob v uzavřených prostorách. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/160086>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Václav Kaczmarczyk.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	Josef Otevřel
VUT ID studenta:	240406
Typ práce:	Bakalářská práce
Akademický rok:	2023/24
Téma závěrečné práce:	Návrh systému pro optimální směrování osob v uzavřených prostorech

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 22. května 2024

podpis autora

Poděkování

Děkuji mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavovi Kaczmarczykovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 22. května 2024

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	11
ÚVOD	12
1. PRŮZKUM EXISTUJÍCÍCH SYSTÉMŮ	13
1.1 POČÍTADLO ORIS BASIC COUNTER	14
1.2 POČÍTADLO ORIS LAN COUNTER	14
1.3 NETREX RETAIL ANALYTICS.....	15
1.4 VECTOR 4D PEOPLE COUNTER	16
1.5 AI TOF PEOPLE COUNTING SENZOR VS133	16
1.6 XOVIS 3D SENSOR PC2SE.....	17
2. SROVNÁNÍ EXISTUJÍCÍCH SYSTÉMŮ	18
2.1 PŘESNOST, SPOLEHLIVOST A FUNKČNOST.....	18
2.2 INSTALACE	18
2.3 NAPÁJENÍ	18
2.4 CENA.....	18
2.5 VYVÍJENÝ SYSTÉM.....	19
3. KOMPONENTY POUŽITÉ V SYSTÉMU	20
3.1 PAPOUCH QUIDO USB 4/4.....	20
3.1.1 <i>Vstupy</i>	21
3.1.2 <i>Software a protokoly</i>	21
3.1.3 <i>Konfigurační propojky</i>	22
3.1.4 <i>Princip vyhodnocování změn na vstupech</i>	22
3.2 FOTOELEKTRICKÝ SENZOR	22
3.2.1 <i>Klíčové parametry</i>	22
3.2.2 <i>Fotoelektrický senzor číslo: 2354305</i>	23
3.3 ČTEČKA KARET	23
3.3.1 <i>NFC</i>	23
3.3.2 <i>Čtečka PAR-QM11 1.0 White</i>	24
3.4 TOF KAMERA	24
3.4.1 <i>3D Time of Flight (ToF) USB Camera</i>	24
3.5 SIGNÁLNÍ SLOUPEK TC-9539296.....	25
3.6 INTEL NUC 12 PRO KIT NUC12WSK17.....	26
3.7 C# A .NET.....	26
4. SYSTÉM BEZ TOF KAMERY	28
4.1 POPIS PŘÍPRAVKU	28
4.2 STAVOVÝ AUTOMAT.....	29
4.2.1 <i>Vždy zákaz</i>	29
4.2.2 <i>Průchod povolen</i>	29
4.2.3 <i>Povolené přiložení</i>	29
4.3 ZHODNOCENÍ SYSTÉMU	31

5.	SYSTÉM S TOF KAMEROU	32
5.1	SLOUPEK	33
5.2	KAMERA	35
5.3	ZÁKLADNÍ ALGORITMUS PRO ZPRACOVÁVÁNÍ	35
5.3.1	<i>Vstup více lidí do zón kamery z více stran</i>	<i>37</i>
5.3.2	<i>Vstup a následné opuštění zóny nebo fronty – Nedokončený průchod</i>	<i>37</i>
5.3.3	<i>Špatná klasifikace z kamery</i>	<i>37</i>
6.	IMPLEMENTACE SOFTWARE ČÁSTI SYSTÉMU	38
6.1	MAIN A MAINFUNCTION	38
6.2	KONFIGURACE SYSTÉMU A KOMUNIKACE SE WEBOVÝM SERVEREM	38
6.3	KOMUNIKACE S QUIDEM	40
6.4	KOMUNIKACE S KAMEROU	40
6.5	IMPLEMENTACE ALGORITMU	41
6.5.1	<i>Třída PersonPass</i>	<i>41</i>
6.5.2	<i>Třída PersonQueue</i>	<i>42</i>
6.5.3	<i>Třída Adaptér</i>	<i>42</i>
7.	TESTOVÁNÍ SYSTÉMU	44
7.1	IZOLOVANÉ PRŮCHODY – Z A DO B	44
7.1.1	<i>Zadání</i>	<i>44</i>
7.1.2	<i>Průběh</i>	<i>44</i>
7.1.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>45</i>
7.2	IZOLOVANÉ PRŮCHODY – Z B DO A	45
7.2.1	<i>Zadání</i>	<i>45</i>
7.2.2	<i>Průběh</i>	<i>45</i>
7.2.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>46</i>
7.3	NEDOKONČENÉ PRŮCHODY – Z A DO B	46
7.3.1	<i>Zadání</i>	<i>46</i>
7.3.2	<i>Průběh</i>	<i>46</i>
7.3.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>46</i>
7.4	NEDOKONČENÉ PRŮCHODY – Z B DO A	47
7.4.1	<i>Zadání</i>	<i>47</i>
7.4.2	<i>Průběh</i>	<i>47</i>
7.4.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>47</i>
7.5	PRŮCHODY VÍCE OSOB JEDNÍM SMĚREM – Z A DO B	47
7.5.1	<i>Zadání</i>	<i>47</i>
7.5.2	<i>Průběh</i>	<i>47</i>
7.5.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>48</i>
7.6	PRŮCHODY VÍCE OSOB JEDNÍM SMĚREM – Z B DO A	48
7.6.1	<i>Zadání</i>	<i>48</i>
7.6.2	<i>Průběh</i>	<i>48</i>
7.6.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>49</i>
7.7	PRŮCHODY VÍCE OSOB DVĚMA SMĚRY V RŮZNÝ ČAS	49
7.7.1	<i>Zadání</i>	<i>49</i>
7.7.2	<i>Průběh</i>	<i>49</i>
7.7.3	<i>Zhodnocení</i>	<i>50</i>
7.8	PRŮCHODY VÍCE OSOB DVĚMA SMĚRY VE STEJNÝ ČAS	50

7.8.1	<i>Zadání</i>	50
7.8.2	<i>Průběh</i>	50
7.8.3	<i>Zhodnocení</i>	50
ZÁVĚR		51
LITERATURA		52
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK		56
SEZNAM PŘÍLOH		57

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Pokrytí celého prostoru prodejny [3].....	13
1.2	ORIS LAN counter [5].....	14
1.3	Ukázka systému NetRex Retail Analytics [6].....	15
1.4	Ukázka obrazu z TOF kamery [9].....	16
1.5	Xovis 3D Sensor PC2SE [9].....	17
3.1	Schéma Quida [14].....	20
3.2	Galvanické oddělení vstupu [14].....	21
3.3	Fotoelektrický senzor [41].....	23
3.4	Čtečka PAR-QM11 1.0 [23].....	24
3.5	Diagram zapojení [24].....	25
4.1	Ukázka instalační krabice.....	28
4.2	Schéma stavového automatu.....	30
5.1	Schéma systému s TOF kamerou.....	32
5.2	Ukázka upravené instalační krabice.....	33
5.3	Schéma stran sloupku.....	34
5.4	Schéma oblasti s více sloupky.....	34
5.5	Ukázka zón kamery.....	35
5.6	Schéma propojení sloupku s kamerou.....	36

SEZNAM TABULEK

2.1	Cenové srovnání jednotlivých systémů	19
3.1	Vlastnosti TOF kamery [26].....	25
3.2	Ceny jednotlivých komponent systému.....	27
4.1	Funkčnost signálního sloupku	31
7.1	Úspěšnost testů: Izolované průchody z A do B	44
7.2	Přesnost detekce izolovaných průchodů z A do B.....	45
7.3	Úspěšnost testů: Izolované průchody z B do A.....	45
7.4	Přesnost detekce izolovaných průchodů z B do A	45
7.5	Úspěšnost testů: Nedokončené průchody z A do B.....	46
7.6	Přesnost detekce nedokončených průchodů z A do B	46
7.7	Úspěšnost testů: Nedokončené průchody z B do A.....	47
7.8	Přesnost detekce nedokončených průchodů z B do A	47
7.9	Úspěšnost testů: Průchody více osob z A do B	48
7.10	Přesnost detekce průchodů více osob z A do B.....	48
7.11	Úspěšnost testů: Průchody více osob z B do A	48
7.12	Přesnost detekce průchodů více osob z B do A.....	49
7.13	Úspěšnost testů: Průchody více osob v různý čas	49
7.14	Přesnost detekce průchodů více osob v různý čas.....	49
7.15	Úspěšnost testů: Průchody více osob ve stejný čas	50
7.16	Přesnost detekce průchodů více osob ve stejný čas.....	50

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá zařízeními pro sběr dat o návštěvnosti v obchodech. Pro sběr dat se využívá nepřeborné množství systémů, které se odlišují jak v ceně, tak samozřejmě i v kvalitě a funkčnosti. Pomocí těchto zařízení lze v první řadě počítat zákazníky v prodejnách a tím optimalizovat počty pokladen a zaměstnanců potřebných k bezproblémovému obslužení. Dále pak také lze pomocí pokročilejších zařízení zlepšovat zákazníkům prožitek z nakupování, analyzovat úspěšnost marketingových akcí a mnoho dalšího. Hlavní cíl této práce je zanalyzovat trh s těmito zařízeními, porovnat je a vytvořit zařízení s novými funkcemi, které by bylo vhodné umístit do obchodu a řídit ním například provoz při nepříznivé epidemiologické situaci.

Bakalářská práce je členěna do sedmi základních kapitol. Kapitola jedna představuje typy zařízení, pomocí kterých lze sběr dat uskutečňovat. Jsou zdůrazněny jejich pozitiva, negativa a co všechno lze díky nim zjišťovat. Další část se poté zaměřuje přímo na jednotlivá řešení. V druhé kapitole jsou pak zařízení srovnána podle několika faktorů. Třetí a poslední kapitola teoretické části pojednává o výběru a následném popisu jednotlivých základech komponent, které jsou následně využívány ve vyvíjeném systému.

V následujících kapitolách je rozebírán vyvíjený systém. Nejdříve je popsán systém bez TOF kamery, jsou zde uvedeny jeho výhody, nevýhody a motivace k rozšíření o TOF kameru. Následně je ve zbylých třech kapitolách důkladně popsán systém s TOF kamerou. Jeho popis, softwarová implementace a testování.

1. PRŮZKUM EXISTUJÍCÍCH SYSTÉMŮ

Sledování návštěvnosti v uzavřených oblastech, jako jsou například obchody nebo obchodní centra, má klíčový význam pro úspěšné řízení provozu a optimalizaci podnikatelských procesů. Představuje také důležitý zdroj informací, který umožňuje podnikům lépe porozumět chování svých zákazníků a efektivně reagovat na měnící se potřeby trhu. [2]

Sbíraná data pomáhají přesněji odhadnout poptávku po službách na daném místě. To znamená, že obchodníci jsou na základě těchto informací schopni lépe plánovat směny a počty zaměstnanců ve svých prodejnách. Umožňuje jim to také identifikovat klíčové trendy a sezónní vzory poptávky, což je zásadní pro správné plánování skladových zásob, marketingových kampaní a dalších akcí. Dále mohou u těchto kampaní a akcí zpětně vyhodnocovat jejich úspěšnost a výhodnost. [2]

U pokročilejších systémů, které jsou schopny přímo i sledovat pohyb osob po ploše, se otevírají další možnosti, jak pochopit zákaznické chování a preference. Umožňují segmentovat zákazníky podle jejich chování v obchodě a lépe je oslovovat cílenými nabídkami, což může vést k vyšší spokojenosti. Dále lze také pomocí těchto informací provádět zásadnější změny, a to v rozvržení prodejní plochy nebo rušení poboček. [1][3]



Obrázek 1.1 Pokrytí celého prostoru prodejny [3]

Z technického hlediska se pro sběr a analýzu dat o pohybu zákazníků v obchodě dá využít velké množství možných řešení, které se liší jak funkcí, tak i cenou. K nejjednodušším patří zařízení s fotoelektrickými senzory, které poskytují pouze základní informace [4]. Další možností jsou různé kamerové systémy, které umožňují sledovat pohyb zákazníků v reálném čase a získávat detailní informace o jejich chování. Tyto systémy využívají pokročilé algoritmy pro detekci a sledování lidských postav, analýzu pohybu a identifikaci klíčových oblastí zájmu v obchodě [3].

1.1 Počítadlo ORIS Basic counter

Jedno z nejjednodušších řešení, které lze na trhu nalézt, je toto počítadlo od firmy Unisec, které se skládá ze dvou krabiček – vysílače a přijímače. Maximální vzdálenost mezi těmito dvěma částmi je 12 metrů. Vysílací jednotka vysílá infračervený paprsek a při přerušení tohoto paprsku dojde k inkrementaci počtu průchodů. Pro zjištění celkového počtu zákazníků je nutné počet průchodů vydělit dvěma. Zařízení totiž není citlivé na směr, tudíž nerozezná osoby vcházející od vycházejících z obchodu. Průchody jsou zaznamenávané pouze v zařízení a je tedy nutné je odečítat přímo z něj. Cena tohoto přístroje je 4235 Kč. Pro napájení jsou nutné tři 3,6 V AA baterie, které by měly v zařízení vydržet funkční až 2 roky. [4]

1.2 Počítadlo ORIS LAN counter

Lepší alternativou k předchozímu zařízení je počítadlo ORIS LAN counter, které funguje na stejné bázi s tím rozdílem, že obsahuje ještě centrální jednotku vyžadující napájení a LAN. Tato centrální jednotka přijímá informace ze senzorů, následně odesílá aktuální data na server a lze k nim tedy přistupovat i vzdáleně na rozdíl od předchozího řešení. Může být vzdálená až 50 metrů od senzorů. Cena jednoho počítadla je 17 545 Kč. Pro napájení jsou nutné čtyři 3,6 V AA baterie, které by měly jako v předchozím zařízení vydržet až 2 roky. [5]



Obrázek 1.2 ORIS LAN counter [5]

1.3 NetRex Retail Analytics

NetRex Retail Analytics od české firmy NetRex je softwarové řešení pro sběr a vyhodnocování dat o počtu zákazníků v prodejnách. Tato sada služeb je uspořádaná do jednotlivých modulů. Všechna sesbíraná data se poté zobrazují v analytickém panelu. [6]

Pomocí jedné kamery lze zajistit bezpečnostní dohled a zároveň i počítat návštěvníky a kolemjdoucí. K tomuto úkonu jsou využívány moduly Visitors a Passersby. Dosahují vysoké přesnosti 95–99 %. Dokážou bezproblémově rozpoznat i současně procházející osoby. Kombinací těchto modulů, lze následně zjišťovat různé konverzní poměry. [7]

Dalším modulem s názvem CashDesk je možno propojit kamerový systém s pokladním. Lze tak počítat konverzní poměr mezi pouhými návštěvníky a zákazníky, kteří si opravdu něco koupí. Pomocí analytického panelu lze provádět mnoho úkonů, jako například export dat, logování událostí, nastavení upozornění emailem a mnoho dalšího. Do panelu jde přistupovat pomocí webového i mobilního rozhraní. [7]

Cena se u kamery Axis M3085-V, která se využívá pro snímání obrazu, pohybuje okolo 10 000 Kč [8]. U softwaru NetRex Retail Analytics není z veřejně známých informací dohledatelná přesná cena. Každopádně pouze za modul NetRex CashDesk si výrobce účtuje 15,9 € měsíčně [7]. Lze tedy předpokládat, že cena bude několik desítek euro a bude záviset na počtu poboček, ve kterých bude tento systém instalován [6].



Obrázek 1.3 Ukázka systému NetRex Retail Analytics [6]

1.4 Vector 4D People Counter

Vector 4D People Counter je pokročilý čítač osob od firmy Irisys. Zvládne jak jednoduché počítání osob, tak i vícesměnné počítání skupin, rozeznávání dospělých od dětí s přesností až 99,5 %. Toto zařízení je dokonce schopné detekovat i osoby, které mají visačku kolem krku ze speciálního materiálu a tím vyloučit z počítání zaměstnance obchodu. Při použití více zařízení lze pokrýt celý prostor prodejny a poté analyzovat, v jakých místech se zdržuje nejvíce lidí a kolik času tam tráví. V supermarketech lze pomocí tohoto přístroje měřit také délku front u pokladen. [9]

Vector 4D používá technologii nazývanou TOF. Tato technologie funguje tak, že je vyslán infračervený paprsek a je měřena doba, za kterou se paprsek vrátí zpět do senzoru. Z toho je pak sestaven obraz, který je na následujícím obrázku číslo 1.4. Benefitem této technologie je, že nesbírá žádné konkrétní údaje o lidech. [9]

Jedno zařízení vyjde na 950 \$, což je v přepočtu 21 800 Kč. Dokáže pokrýt oblast o velikosti až 14 m². Pro pokrytí větší oblasti jde připojit až 23 jednotek. [10]



Obrázek 1.4 Ukázka obrazu z TOF kamery [9]

1.5 AI ToF People Counting Sensor VS133

Jako předchozí řešení, tak i toto od výrobce Milesight využívá technologii TOF, která má dle výrobce 99,8 % přesnost. Opět lze detekovat personál, rozlišovat dospělé od dětí. Zařízení funguje bezchybně i při špatných světelných podmínkách a při velkých koncentracích zákazníků neztrácí jejich trajektorie pohybu. V kombinaci se Milesight LoRaWAN bránou a Milesight IoT Cloudem mohou uživatelé spravovat a sledovat všechna data ze senzorů na dálku. Napájí se pomocí 12V adaptéru nebo PoE. Dokáže rozpoznávat objekty ve výšce od 0,5 m až do 3 m s přesností 3,5 cm. Na základě výšky, ve které se nachází, se poté mění i velikost oblasti, ve které je zařízení schopno detekovat pohyb osob. Největší detekovatelná oblast 12 m² je vzdálenosti 3,5 m. Dá zakoupit za 700 €, což je v přepočtu 22 600 Kč. [12]

1.6 Xovis 3D Sensor PC2SE

Tento pokročilý senzor je založen na technologii 3D stereo vidění. Pomocí umělé inteligence implementované přímo v zařízení je možné detekovat pohlaví zákazníků, směr jejich pohledu a také to, jestli mají zákazníci nasazené obličejové masky. Dále lze z počítání vynechat zaměstnance, identifikovat jednotlivé skupiny zákazníku. Senzor dokáže detekovat objekty, které s sebou mají zákazníci. Montuje se do výšky 2 až 6 m a je schopen pokrýt oblast o rozloze od 0,3 m² do 35 m². Spolu dokáže komunikovat až devět senzorů. Pokud je potřeba pokrýt ještě větší oblast, je nutné připojit i Xovis Spider, který je schopen sloučit více než deset senzorů. Cena jednoho senzoru PC2SE se pohybuje okolo 990 €, což je v přepočtu 24 750 Kč. Napájení je realizováno pomocí PoE. [13]



Obrázek 1.5 Xovis 3D Sensor PC2SE [9]

2. SROVNÁNÍ EXISTUJÍCÍCH SYSTÉMŮ

Při srovnání systémů, které byly popisovány v předchozí kapitole, je důležité zohlednit několik klíčových kritérií. Jedná se především o přesnost a spolehlivost, integraci se stávajícími službami, instalaci, napájení a cenu.

2.1 Přesnost, spolehlivost a funkčnost

Použití systémů s fotoelektrickým senzorem má mnoho úskalí. Zařízení pouze s fotoelektrickým senzorem není schopné rozpoznat směr chůze, tedy jestli zákazník vstupuje, či vychází z obchodu [2]. Pokud jsou tedy dveře určené pro vstup i výstup, není možné v reálném čase sledovat počty zákazníků. Lze analyzovat pouze frekvenci průchodů a tím určit pouze přibližný počet návštěvníků v daný časový úsek. Zásadní omezení těchto jednodušších systémů je nemožnost sledovat vstup více lidí v jeden časový okamžik. Pokud jdou vedle sebe například tři lidé, může dojít k zaznamenání pouze jednoho. Další problémy s klasifikací správného počtu mohou nastat, pokud je senzor umístěn nízko a zákazník si s sebou do obchodu vezme i kočárek nebo košík [4].

Některé inteligentnější zařízení využívají namísto fotoelektrických senzorů IP nebo TOF kamery. Obraz z kamer je následně zpracováván pomocí algoritmů, které jsou schopny v reálném čase rozpoznávat osoby [6]. Dále lze z obrazu určit i věk nebo pohlaví osoby. Pokud kamera zaznamenává i oblast před obchodem, algoritmus je schopen identifikovat počty osob, které pouze prochází kolem. Pomocí některých zařízení lze pokrýt i celé prodejny a tím získat mnoho dalších informací o pohybu [3].

2.2 Instalace

U instalace všech zařízení se většinou nevyžaduje zásadní zásah do prodejny. Pouze dochází k přišroubování, či přilepení krabiček, kamer a dalších potřebných přístrojů ke zpracování dat. U jednodušších systémů se většinou jedná o jednu až tři části [5], u složitějších jich může být i mnohem více [3].

2.3 Napájení

Jednodušší zařízení lze napájet pomocí klasických 3,6 V AA baterií. Dalšími možnostmi, jak napájet i složitější systémy, může být externí napájení pomocí 12 V adaptéru nebo skrz technologii Power Over Ethernet (POE). [4][10]

2.4 Cena

Pro výběr je cena jedním z nejdůležitějších faktorů. Cena těchto systémů závisí především na základě možností, které poskytují. Mezi nejlevnější řešení, které lze sehnat i za jednotky tisíc, se řadí systémy s fotoelektrickými senzory. Jak již bylo zmíněno, tak

jsou jednodušší a poskytují pouze orientační čísla o počtech zákazníků. Pro obchody nevyžadující vysokou přesnost mohou být tato řešení plně dostačující.

Pokročilejší řešení založené na principu zpracování obrazu jsou daleko přesnější, poskytují více funkcí, ale zároveň i cena se pohybuje v desítkách tisíc. Pokud je požadavek na pokrytí větší plochy, může se celková cena vyšplhat až ke statisícům korun.

U většiny se platí jednorázová částka, nalezneme ovšem i produkty, u kterých vývojáři vyžadují měsíční předplatné. Důležité je tedy zvážit, co je pro jaké použití vhodnější [7].

V následující tabulce 2.1 je srovnání cen systémů popisovaných v předchozí kapitole. První dva jsou založeny na fotoelektrickém senzoru, třetí na zpracování RGB obrazu a zbývající tři na technologii TOF.

Tabulka 2.1 Cenové srovnání jednotlivých systémů

Název zařízení	Oficiální cena	Přepočet na Kč
ORIS Basic counter	4 235 Kč	4 235
ORIS LAN counter	17 545 Kč	17 545
NetRex Retail Analytics	nezjištěno	nezjištěno
Vector 4D People Counter	950 \$	21 570
ToF People Counting Senzor VS133	770 €	19 020
Xovis 3D Sensor PC2SE	990 €	24 450

2.5 Vytvořený systém

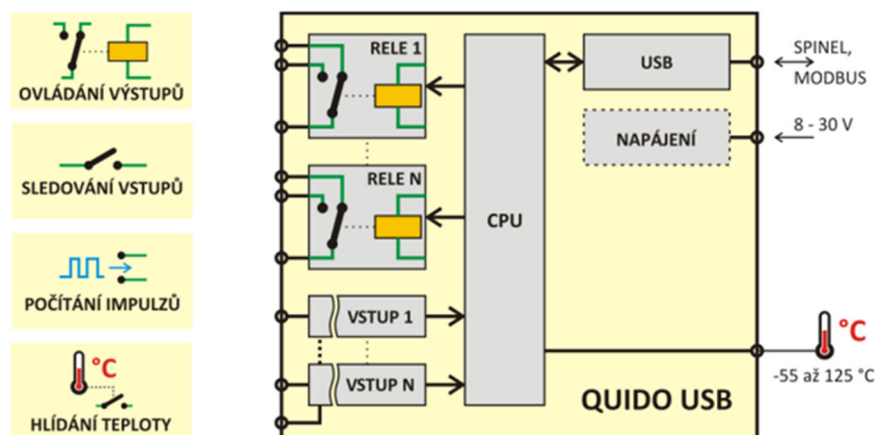
Při průzkumu trhu bylo zjištěno, že již existuje nepřehledné množství zařízení, pomocí nichž lze počítání osob uskutečňovat. Všechny mají své vlastní datová uložení a databáze, kam se posílají informace, a tudíž je nelze jednoduše integrovat do komplexního projektu vyvíjeného na VUT. Cílem tedy nebylo konkurovat v ceně, ale ve vytvoření zařízení, které půjde zintegrovat do zmíněného systému a nabídne některé zajímavé funkce, jako je například ověřování osob na základě přiložení karty, modulárnost systému a další. Při konstruování bylo dbáno na to, aby se na vývoji tohoto zařízení dalo v následujících letech dále pokračovat.

3. KOMPONENTY POUŽITÉ V SYSTÉMU

Pro vytvoření nového systému je zapotřebí zařízení, které bude sbírat data pro zaznamenání průchodu. Mezi taková mohou patřit různé webové a TOF kamery, fotoelektrické nebo mechanické senzory. Po konzultacích byl k tomuto účelu vybrán fotoelektrický senzor a později přidána i TOF kamera, která měla za cíl vylepšit schopnosti systému rozlišovat jednotlivé průchody. Dále pro indikaci autorizovaných či nepovolených průchodů bylo vhodné rozšířit systém o signální sloupek, který má jak vizuální, tak i zvukový efekt. K propojení fotoelektrického senzoru a signálního sloupku je nutné do systému integrovat IO modul. Po průzkumu trhu bylo zhodnoceno, že jedním z možných IO modulu by mohl být Papouch Quido 4/4, a to z toho důvodu, že má potřebné 4 výstupní a 1 vstupní port. Dále má dobrou dokumentaci k propojení systému v programovacím jazyku C#. Tento jazyk byl vybrán z důvodu větší jednoduchosti a vhodnosti oproti jazyku C++ a také proto, že API, kterým se odesílají data do databáze, bylo již vytvořeno v tomto jazyce.

3.1 Papouch Quido USB 4/4

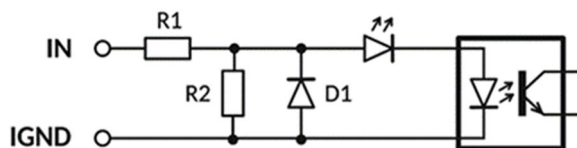
Papouch Quido USB 4/4 je vstupně výstupní modul, který obsahuje 4 digitální vstupy, 4 výstupy a teploměr, který měří v rozsahu -55 až 125 °C. Teplotní čidlo lze připojit až na 15m kabel. Pro komunikaci se dá využít protokol Modbus RTU a Spinel. Pro připojení Quida s počítačem se využívá USB. Lze použít verze USB 1.1, 2.0 nebo 3.0. Ve Windows 10/11 není pro připojení potřeba instalovat dalších ovládačů, zařízení funguje ihned po připojení k počítači. [14]



Obrázek 3.1 Schéma Quida [14]

3.1.1 Vstupy

Vstupy podporují dva druhy připojení. To lze realizovat přivedením napětí nebo pomocí spínacího kontaktu. Vstupy jsou oddělené optickým galvanickým oddělením. Pokud je u vstupu pro kontakt použit jako externí zdroj stejný zdroj jako pro Quido, dojde k narušení galvanického oddělení, což způsobí galvanické spojení vstupů přes zem s Quidem. Vzorkování je ve výchozím nastavení nastaveno na 20 ms s tím, že se tato perioda dá snížit až na 1 ms. Logická nula je pro napětí v rozsahu 0–3 V a logická jednička 7–28 V. Všechny 4 výstupy obsahují relé s přepínacím kontaktem pro maximálně 60 V AC nebo 85 V DC. Maximální spínací proud může být až 5 A. [14]



Obrázek 3.2 Galvanické oddělení vstupu [14]

3.1.2 Software a protokoly

Quido se dá ovládat pomocí dodaného softwaru QuidoFX, Wix nebo vlastním softwarem využívající protokoly Modbus nebo Spinel. Přepínání protokolů lze realizovat pomocí programu Modbus Konfigurační nebo pomocí propojek zmíněných v kapitole 3.1.3. [14]

Pro ovládání Quida tedy lze využít již vytvořený software QuidoFX, který je k dostání zdarma. Pomocí tohoto softwaru lze sledovat stavy vstupů, dat z teploměru a nastavovat výstupy. Dokáže se připojit ke Quidu přes sériový port, USB nebo Ethernet. Program poskytuje možnost sledovat stav Quida i ostatním uživatelům v síti. QuidoFX pracuje s Quidy komunikující protokolem Spinel. Při přepnutí na komunikaci protokolem Modbus se nepůjde k tomuto programu Quidem připojit. [15]

Dále je možno využít softwaru Wix. Umožňuje sledovat a ukládat naměřené údaje z Quida a dalších zařízení jako jsou teploměry, vlhkoměry a A/D převodníky. Oproti předchozímu programu lze ke komunikaci použít i protokol Modbus, takže Quido umí řídit i obecná zařízení podporující tento protokol. Lze se připojit přes RS232, RS485, USB a internet. Mezi funkce tohoto softwaru patří zobrazování aktuálních hodnot z připojených zařízení, grafů a textu podle nastavení. Dále lze ukládat měřená data do textových souborů pro následné zpracování, nastavovat různé akce při vyvolání události, časovat sepnutí relé, odesílání emailu a SMS. Základní verze programu je zdarma, má řadu omezení jako například maximální počet zařízení, nepodporuje obecná zařízení s Modbus TCP a Modbus RTU a další. [16]

3.1.3 Konfigurační propojky

Quido obsahuje 3 konfigurační propojky. Zkratuje-li se v okamžiku připojení k napětí propojka Modbus, bude Quido komunikovat právě protokolem Modbus bez ohledu na nastavení softwaru. Je-li zkratována propojka Info, pošle v protokolu Spinel na komunikační linku nastavení parametrů pro komunikaci. [14]

3.1.4 Princip vyhodnocování změn na vstupech

Vzorkovací perioda vstupu v Quidu je 1 ms. Za platnou změnu stavu se dle výchozího nastavení označuje stav, kdy ve dvaceti po sobě jdoucích periodách se nezměnila hodnota vstupu. Nastavení potřebného počtu vzorků lze měnit. [14]

3.2 Fotoelektrický senzor

Fotoelektrický senzor se skládá ze tří základních částí – vysílače, přijímače a detekčního obvodu. Jako zdroj světla bývá často používána elektroluminiscenční dioda, IR nebo laserová dioda. Zato přijímač obsahuje fotodiodu, fotobuňku nebo fotorezistor. Fotoelektrický senzor funguje na principu změny přijímaného světla, které je vyzařované ze zdroje. Zdroj neustále vyzařuje paprsek a při změně intenzity přijímač tuto změnu zachytí a převede na elektrický signál, který je dále zpracováván. Existují tři základní typy tohoto snímače – jednocestný, retro reflexní a difuzně reflexní.

U jednocestného senzoru je zdroj instalován naproti přijímači. Paprsek se šíří pouze jedním směrem a při protnutí se sníží intenzita světla přijímaného přijímačem, které vyvolá změnu napětí na výstupu.

Retro reflexní senzor má vysílač i přijímač v jedné jednotce. Na konci oblasti, kterou snímá musí být pro správnou funkčnost umístěn odrazový reflektor. Tento snímač je cenově dostupnější, ale zato méně přesný ve srovnání s jednocestným. Může detekovat prakticky jakýkoliv materiál. Mezi negativa patří to, že má mrtvou zónu v extrémně krátkých vzdálenostech.

Posledním typem je difuzně reflexní senzor. Tento typ senzoru používá jako odrazový reflektor přímo cílový objekt. Dokud není zaznamenán objekt, nedochází k odrazu zpět do přijímače. Odraz nastane až při vstupu objektu do snímané oblasti. Bývají nejméně přesné, protože jsou ovlivněné povrchem snímaného objektu. Nemají mrtvou zónu, ale mohou detekovat pouze průsvitné nebo pevné objekty a maximální dosah mají okolo 35 cm. [17][18][19]

3.2.1 Klíčové parametry

Senzory založené na tomto efektu jsou schopny snímat objekty do vzdálenosti větší než 10 m, což je například u ultrazvukových nebo magnetických senzorů nereálné. U těchto senzorů je velice rychlá odezva, protože nedochází k žádným mechanickým operacím. Velkým benefitem je bezkontaktní snímání. Díky tomu nemůže dojít k poškození z důvodu fyzického kontaktu. [19]

3.2.2 Fotoelektrický senzor číslo: 2354305

Senzor použitý v zařízení je retro reflexního typu a jeho snímací vzdálenost jsou 3 m. Má velmi rychlou dobu odezvy méně než jedna milisekunda. Napájecí napětí má být v rozmezí 12–24 V. Senzor je vyráběn firmou TRU Components. [20]



Obrázek 3.3 Fotoelektrický senzor [41]

3.3 Čtečka karet

Čtečka karet je zařízení používané ke čtení informací uložených na různých typech karet. Tyto karty mohou obsahovat data uložená prostřednictvím bezkontaktních technologií jako jsou NFC, čárové nebo QR kódy. NFC umožňuje rychlou a bezpečnou výměnu dat na krátkou vzdálenost [21], zatímco QR kódy poskytují flexibilní a snadno skenovatelný způsob přenosu informací. Ve vyvíjeném systému se čtečka karet využívá k autentizaci osob vstupujících do dané oblasti, což zajišťuje bezpečný a efektivní přístup na základě ověřených identifikačních údajů.

3.3.1 NFC

Near Field Communication je sada komunikačních protokolů podporující komunikaci na velmi krátkou vzdálenost (cca 4 cm), což znamená, že odposlouchávání je téměř nereálné. Tato technologie nedosahuje takových přenosových rychlostí jako například Wi-Fi (desítky Mbit/s), ale pouze od 106 kbit/s do 424 kbit/s. NFC je založena na technologii RFID. Komunikace probíhá mezi dvěma zařízeními, z nichž jedno musí mít napájení. NFC podporuje obousměrnou komunikaci. Existují tři typy pracovních módů: Peer-to-Peer, čtení/zápis a emulace čipové karty. [21]

Základním principem NFC je magnetická indukce. U jednosměrné komunikace generuje vysílač elektromagnetické pole. Příjímač, který musí být v dosahu, vytváří magnetickou vazbu se zdrojem pomocí magnetické indukce.

Pro obousměrnou komunikaci jsou potřeba dvě zařízení, která jsou spolu propojena elektromagnetickým polem. Toto pole se indukuje pomocí cívek a při změně proudu v jedné cívce dochází ke změně indukovaného napětí v druhé. I po vytvoření indukčního spojení může u NFC dojít k změně funkce primárního a sekundárního zařízení. Pro komunikaci se využívá frekvence 13,56 MHz. [22]

Technologii NFC využívá také čtečka PAR-QM11 1.0, která je součástí vyvíjeného systému.

3.3.2 Čtečka PAR-QM11 1.0 White

Čtečka je schopna číst QR kódy a pro čtení karet podporuje Mifare a NFC. Frekvence čtečky je 13,56 MHz. Pro napájení je vyžadováno 12 V. Má krytí IP44. Lze připojit pomocí sběrnice USB nebo RS232. Čtečka se po připojení k počítači chová v systému jako HID zařízení. [23]



Obrázek 3.4 Čtečka PAR-QM11 1.0 [23]

3.4 TOF Kamera

Time-of-Flight kamera je typ 3D kamery měřící čas, který trvá světlu cestu od jejího zdroje k objektu a zpět. Vytvoří hloubkový obraz scény a tímto se na základě změn dají rozeznávat objekty. Zdrojem bývá typicky infračervený laser. TOF kamery se vyznačují vysokou rychlostí a přesností měření hloubky, což je užitečné pro různé aplikace včetně rozpoznávání gest, detekce pohybu, měření vzdálenosti a rekonstrukce 3D scén. Další výhodou TOF kamer je to, že jsou obvykle odolné vůči změnám osvětlení, což je významné pro použití ve venkovních prostředích nebo v prostředí s proměnlivými podmínkami osvětlení. [25]

3.4.1 3D Time of Flight (ToF) USB Camera

Tato TOF kamera od společnosti e-con Systems umožňuje snímat prostor v hloubce, v infračerveném spektru a pracuje také jako klasická kamera v barevném spektru. Pro

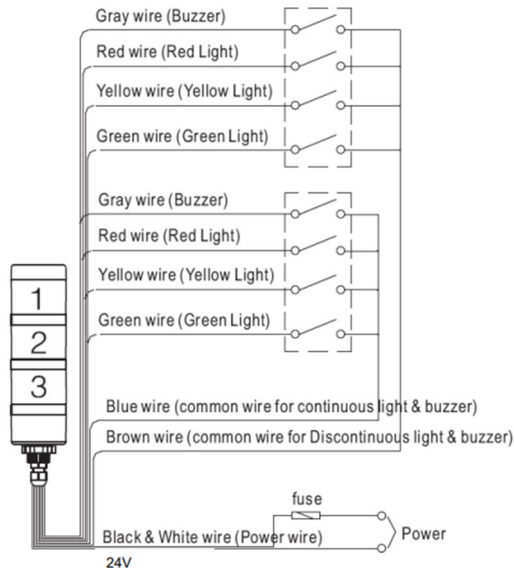
analýzu průchodů se využívají hloubková data a obraz z infračerveného spektra se používá pro zobrazování. V následující tabulce jsou zobrazeny parametry kamery. [26][35]

Tabulka 3.1 Vlastnosti TOF kamery [26]

Vlastnost	Hodnota
Formát snímače	¼ palce
Ohnisková vzdálenost	1,16 mm
Zkreslení	20 %
Osvětlení – vlnová délka	850 nm
Pracovní vzdálenost	0,2 m–1,2 m (Near mode), 1 m–6 m (Far mode)
Rychlost snímání	Až 30 snímků/s (je závislé na výkonu PC)

3.5 Signální sloupek TC-9539296

Pro signalizaci průchodů je použit signální sloupek TC-9539296 od firmy TRU COMPONENTS, ten lze zapojit ve dvou režimech – stálé nebo blikající osvětlení. Pro napájení je požadované napětí 24 V DC. Maximální odběr proudu je 0,08 A. Svítí ve třech barvách, a to v červené, žluté a zelené. Hlučnost zvukové signalizace je až 90 dB. Krytí sloupku je IP20. [24]



Obrázek 3.5 Diagram zapojení [24]

3.6 Intel NUC 12 Pro Kit NUC12WSKi7

Intel NUC je inovativním řešením v oblasti kompaktních počítačů, které kombinuje výkon a malé rozměry. Tato řada počítačů je navržena tak, aby poskytovala uživatelům flexibilitu a výkon, ať už jde o běžné každodenní úkoly nebo náročné úlohy. Intel NUC je vhodný pro širokou škálu použití. Jedním z klíčových prvků Intel NUC je jeho kompaktní design. Díky malým rozměrům se snadno vejde do prostoru s omezeným místem, což je ideální pro použití v tomto případě. Navzdory své malé velikosti 117 × 112 × 37 mm však Intel NUC nabízí vysoký výkon díky modernímu procesoru Intel i7 12. generace a dalším komponentám [27]:

- Procesor
 - Název: Wall Street Canyon
 - Typ procesoru: Intel i7
 - Model procesoru: 1260P
 - Maximální Turbo frekvence: 4,7 GHz
 - Počet jader procesoru: 12
 - Počet vláken procesoru: 16
 - Vyrovnávací paměť procesoru: 18 MB
- RAM
 - Typ paměti: DDR4-3200 SODIMMs, 1,2 V
 - Maximální vnitřní paměť: 64 GB
 - Počet paměťových slotů: 2
- Formát disku: SSD M.2
- Integrovaná grafika: Intel® Iris® Xe Graphics
- Integrovaná síťová karta: Intel® Ethernet Controller i225-LM
- Wi-Fi: Intel® Wi-Fi 6E AX211(Gig+)
- Bluetooth: Ano
- USB: 2 přední USB 3.2, 2 zadní USB 4 (type C), 1 USB 3.2, 1 USB 2.0
- HDMI: 2
- Počet podporovaných displejů: 4

3.7 C# a .NET

C# je vysokoúrovňový objektově orientovaný programovací jazyk vyvinutý firmou Microsoft. C# je založen na jazycích C++ a Java. Hodí se na nepřeborné množství aplikací, mezi které patří tvorba databázových programů, webových aplikací, webových služeb nebo formulářových aplikací (Windows Forms a WPF). Mezi jeho přednosti lze zařadit jednoduchost, robustnost, mnohoúčelnost a velkou podporu ze strany Microsoftu. Díky své objektově orientované povaze nabízí C# mnoho prvků, které usnadňují organizaci a strukturu kódu, jako jsou třídy, rozhraní, dědičnost a polymorfismus. Tento jazyk také podporuje událostmi řízené a asynchronní programování, což umožňuje psát

efektivní kód. Další výhodou C# je jeho bezpečnost a stabilita. Tento jazyk není navržen, aby se svou rychlostí rovnal jazyku C či C++. [28]

Zároveň se C# byla vytvořena open source vývojářská platforma .NET. .NET Framework zahrnuje mnoho knihoven a frameworků, které usnadňují vývoj aplikací v C#. Aplikace .NET lze kromě C# psát také v jazycích F#, Visual C++ nebo Visual Basic. .NET obsahuje nástroje a knihovny, které podporují vývoj moderního, škálovatelného a vysoce výkonného softwaru. [29]

Tabulka 3.2 Ceny jednotlivých komponent systému

Název komponenty	Cena [Kč]
Papouch Quido USB 4/4	2 340
Čtečka PAR-QM11 1.0 White	6 271
Fotoelektrický senzor TC-9417220	1 250
3D TOF USB kamera	16 667
Krabice GEWISS GW44410	1 951
Modul DC/DC měnič step-up 5–35V/4A	125
Signální sloupek TC-9539296	719
ASUS NUC	15 690

4. SYSTÉM BEZ TOF KAMERY

V první fázi se na vývoji tohoto systému pracovalo se vstupními zařízeními čtečkou karet a fotoelektrickým senzorem. Algoritmus programu je založen na stavovém automatu, u kterého dochází ke změnám stavů podle definovaných přechodových podmínek. Stavový automat pro tento systém je popsán v následující podkapitole. Dále je zařízení instalováno do rozvaděčové krabice o menších rozměrech.

4.1 Popis přípravku

Přípravek se skládá ze tří částí: instalační krabice (rozvaděč) a dvou sloupků. Rozvaděč obsahuje počítač, Papouch Quido 4/4, step-up měnič, USB hub a svorkovnici. První sloupek obsahuje maják, čtečku karet a fotoelektrický senzor a druhý pouze odrazový reflektor pro správnou funkci senzoru.

Počítač UMAX je základní část zařízení. Je propojen s Quidem a čtečkou karet. Čtečka karet je zapojena přes sběrnici USB k počítači a chová se jako HID zařízení. Po přiložení karty či QR kódu odešle posloupnost znaků do počítače, kde jsou tyto znaky zpracovávány v programu na číslo karty.



Obrázek 4.1 Ukázka instalační krabice

Dále je v rozvaděči Papouch Quido, který na základě pokynů z počítače přepíná výstupy a při změně vstupu předává informaci počítači. My používáme vstup pro kontakt pomocí přivedení externího napětí. K napájení Quida je použitý stejný zdroj, tím pádem je narušeno galvanické oddělení, které ve Quidu je.

Modul DC/DC měnič step up s regulovaným napětím řídí čip XL6009. Vstupní napětí může být v rozsahu 4,5 až 32 V. Pomocí trimru lze nastavit výstupní napětí od 5 do 35 V. Maximální výstupní proud jsou 4 A a spínací frekvence tohoto modulu je 400 kHz. Tento měnič slouží pro napájení majáku, který vyžaduje napětí 24 V. Toto napětí je transformováno z přívodního napětí 12 V.

Pro napájení fotoelektrického senzoru je použito napětí 12 V. Senzor je zapojen s pull-down rezistorem o odporu 2200 Ω . Celé schéma zapojení lze nalézt v příloze D.

4.2 Stavový automat

Stavový automat implementovaný v programu má 11 stavů. Stav 1, 2 a 3 jsou základními a mění se na základě nastavení z webového rozhraní, takže lze plynule procházet přes všechny tyto 3 stavy. Při spuštění programu se v prvním kroku dostane do stavu *Vždy zákaz* a následně se již program řídí podle aktuálního nastavení.

4.2.1 Vždy zákaz

Ve stavu 1 – *Vždy zákaz* svítí červená na majáku a je zakázán průchod do oblasti. To znamená, že není povolen jakýkoliv vstup, zařízení nereaguje na přiložení karty a při protnutí senzoru dojde ke změně stavu na 6 – *Neoprávněný vstup*. V tomto stavu se zašle informace o tomto neoprávněném vstupu na server, rozsvítí se červená a na 5 sekund začne maják bzučet. Po ukončení průchodu se program opět vrátí do stavu 1.

4.2.2 Průchod povolen

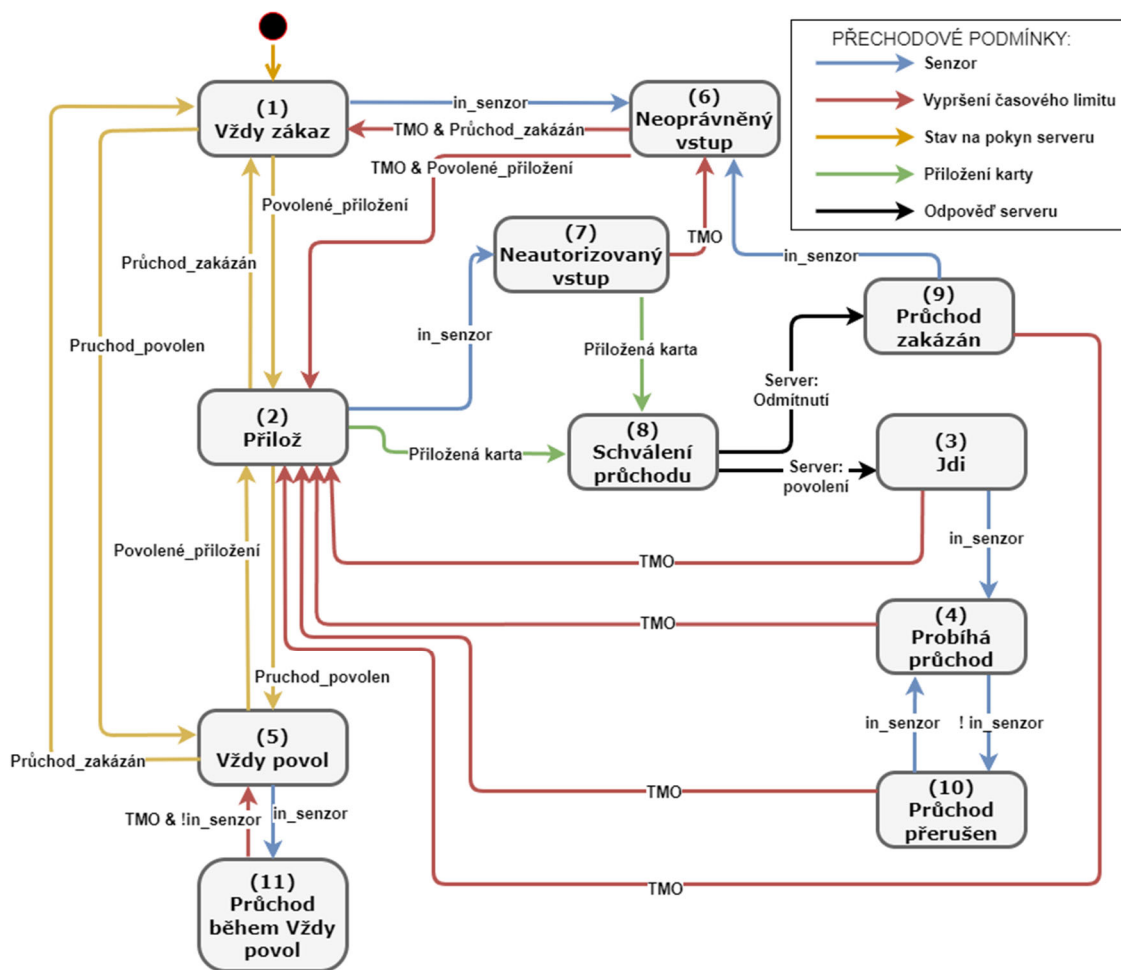
Stav 2 – *Průchod povolen* nevyžaduje přiložení karty a všechny osoby mají možnost vstoupit do oblasti. Tomto stav signální sloupek indikuje zeleně. Při protnutí senzoru program vstoupí do stavu 11 – *Průchod bez vyžádané autorizace*. Po ukončení průchodu a uplynutí nastavené doby program odešle informaci o průchodu na server a vrátí se do stavu 2.

4.2.3 Povolené přiložení

Posledním základním stavem je stav 3 – *Povolené přiložení*. Z tohoto stavu se po přiložení karty program dostane do stavu 4 – *Schválení průchodu*, ve kterém se rozhodne, jestli přiložená karta má povolení vstoupit do oblast či nikoliv. Pokud ne, tak se po vypršení časového limitu dvou sekund program vrátí zpět do stavu 2 – *Přilož*. Pokud ano, pokračuje do stavu 8 – *Jdi*. Jestliže nedojde k protnutí senzoru do 10 sekund, program se vrací zpět do základního stavu 2 – *Přilož*.

Stihne-li osoba vstoupit, program se dostane do stavu Probíhá průchod, je odeslána informace o autorizovaném vstupu. Pokud při průchodu snímač přestane indikovat průchod změní se stav na Přerušný průchod a po uplynutí jedné sekundy se průchod ukončí a vrací se zpět do stavu 2 – *Přilož*. Jestliže ovšem ve stanovené době 1 sekundy začne snímač snímat překážku, vrátí se zpět do stavu 4 – *Probíhá průchod*. Toto opatření je proti přerušení při tom, kdy uděláme krok.

Tímto je vysvětlen řádný průchod. Může ovšem nastat i situace, kdy průchozí zapomene přiložit kartu a protne senzor. Tím se dostane do stavu 7 – *Neautorizovaný vstup* a má šanci dodatečně přiložit kartu, aby se autorizoval. Přiložením karty se změní stav na 8 – *Schválení průchodu*. Při nepřiložení karty se po uplynutí doby 5 sekund dostane do 6 – *Neoprávněného vstupu* a je indikován neoprávněný vstup.



Obrázek 4.2 Schéma stavového automatu

Tabulka 4.1 Funkčnost signálního sloupku

Stav	Červená	Oranžová	Zelená	Zvuková signalizace
1. – Vždy zákaz	✓			
2. – Průchod povolen			✓	
3. – Povolené přiložení		✓		
4. – Schválení průchodu		✓		
5. – Neautorizovaný vstup	✓	✓		✓
6. – Neoprávněný vstup	✓			✓
7. – Průchod zakázán	✓			
8. – Jdi			✓	
9. – Probíhá průchod		✓	✓	
10. – Přerušovaný průchod		✓	✓	
11. – Průchod bez vyžádané autorizace			✓	

4.3 Zhodnocení systému

Systém řešený podle předchozího stavového automatu měl mnoho nedostatků. Při nedůrazném přikládání karet nebylo možné určit reálné počty osob v oblasti v reálném čase, takže bylo dosaženo podobného výsledku, jako například u komerční varianty ORIS LAN counter.

Další problém byl přímo ve stavovém automatu. Nebylo snadné vyřešit všechny možné krajní případy, které se v reálném provozu mohly vyskytnout. Například pokud osoba protlnula senzor, aniž by přiložila kartu, stavový automat se přepnul do stavu *Neautorizovaný vstup* a bylo velice obtížné zajistit, aby v tomto stavu nedocházelo k dalším průchodům.

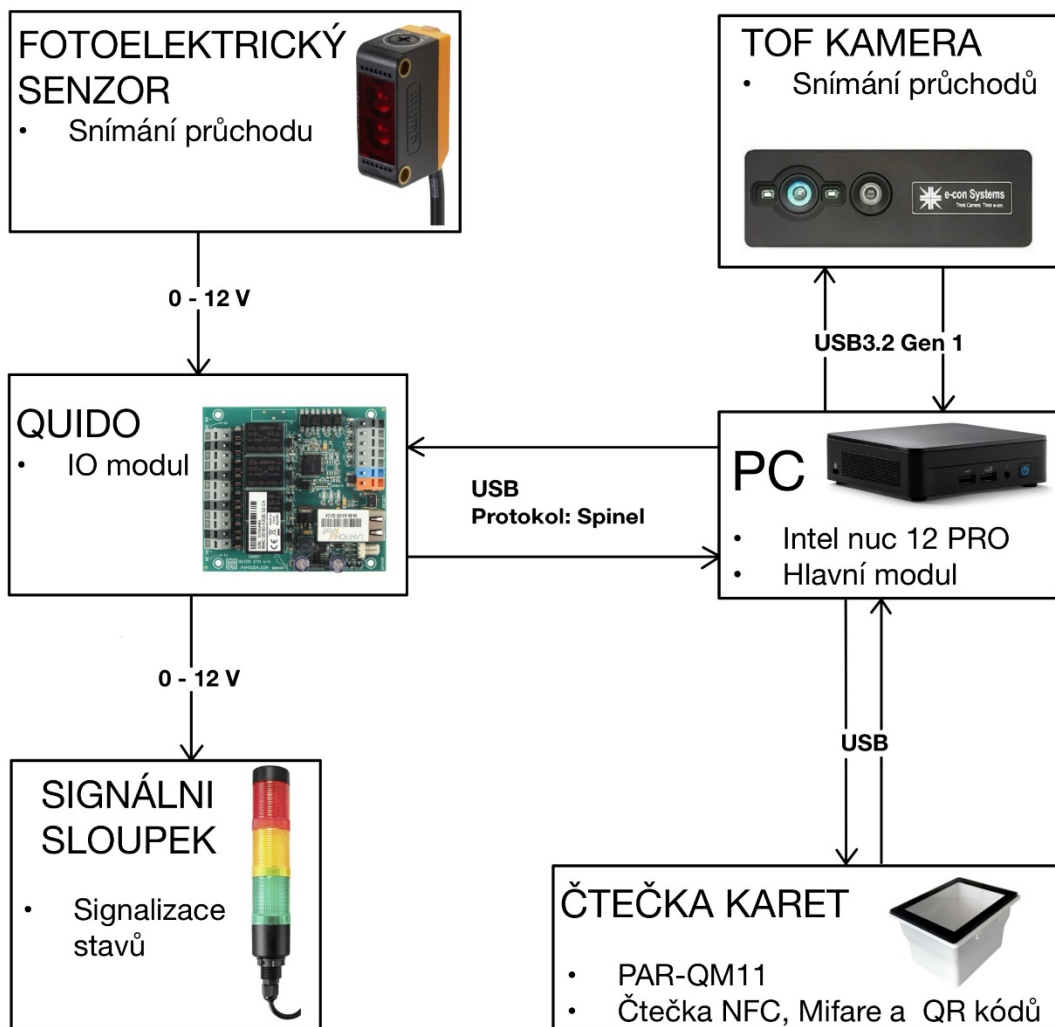
Se stavovým automatem byl spjatá další negativní vlastnost a to, že u případného rozšiřování systému by kód byl velice obsáhlý, proto bylo rozhodnuto o jiném návrhu založeném na vyvolávaných událostech.

Dalším nedostatkem bylo přímo mechanické umístění komponent a velikost instalační krabice. Do krabice s tímto rozměrem by bylo velice obtížné umístit nový počítač, popřípadě toto zařízení nějakým způsobem rozšiřovat. Z důvodu všech těchto nedostatků, bylo rozhodnuto o změně instalační krabice, do které bylo zařízení instalováno, a dále také přidání TOF kamery.

5. SYSTÉM S TOF KAMEROU

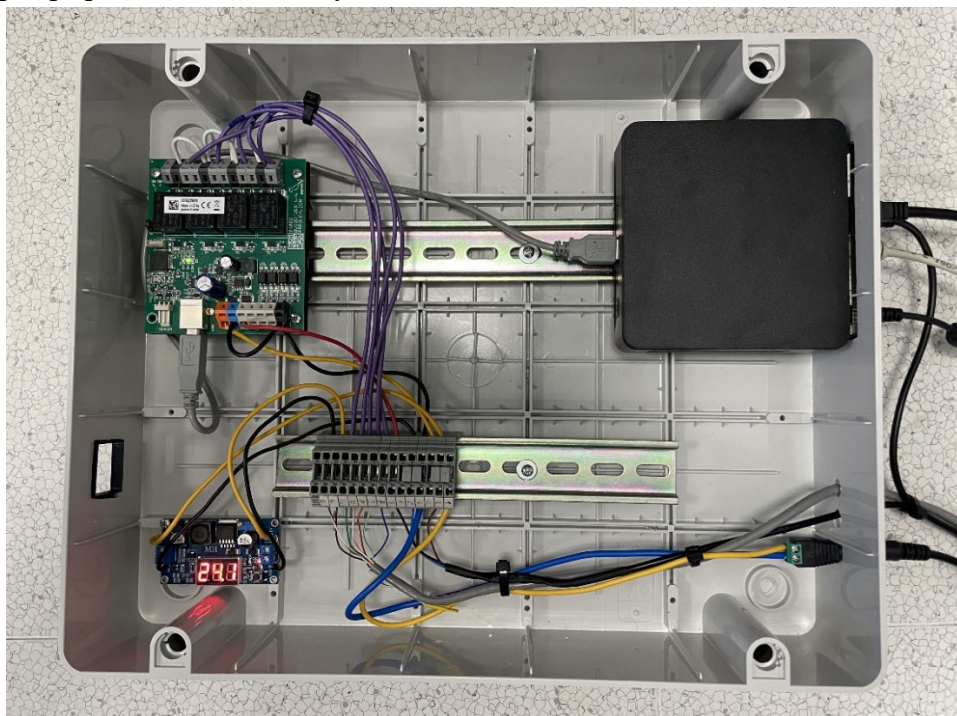
Z již výše popsaných nedostatků, které provázely předchozí systém, bylo rozhodnuto o doplnění zařízení o další součást, a to TOF kameru. Tato kamera poskytuje do systému mnoho dalších vstupních dat, díky nimž je možno dostat systém na daleko lepší úroveň.

Pro detekci průchodů se nyní mohou využívat již tři možné zdroje informací. Těmito zdroji jsou tedy kamera, fotoelektrický senzor a čtečka karet. Požadavek na navržení tohoto systému byla jeho plná modularita. Znamená to, že může systém fungovat se všemi třemi, dvěma nebo pouze jedním zdrojem informací pouhou změnou konfigurace vyčítané z webového serveru. Je nutno podotknout, že pro plnou funkčnost systému jsou potřeba všechny tři zdroje informací. Pokud totiž bude použita například pouze kamera, průchody nebudou potvrzované senzorem, tím pádem může docházet k náhodným falešným průchodům, z důvodu chybných identifikací objektů. Bez použití čtečky karet zase nebude možné autorizovat osoby vstupující do oblasti.



Obrázek 5.1 Schéma systému s TOF kamerou

Na obrázku 5.1 lze vidět upravené schéma systému. Oproti předchozímu přípravku popsaného v kapitole 5.1 byla do systému přidána již zmíněná TOF kamera. Dále byl vyměněn počítač UMAX za výkonnější Intel nuc z důvodu většího výkonostního zatížení TOF kamerou. Poslední úpravou byla změna rozvaděčové krabice, protože do původní nebylo možné vložit větší počítač. V tomto novém rozvaděči se vytvořilo i další místo pro případné rozšiřování systému.

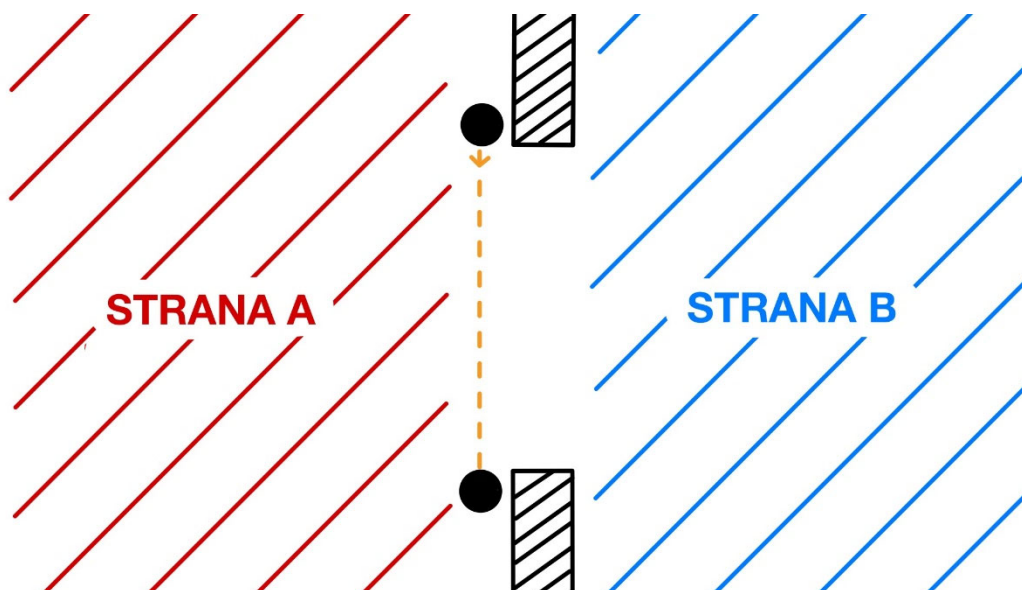


Obrázek 5.2 Ukázka upravené instalační krabice

5.1 Sloupek

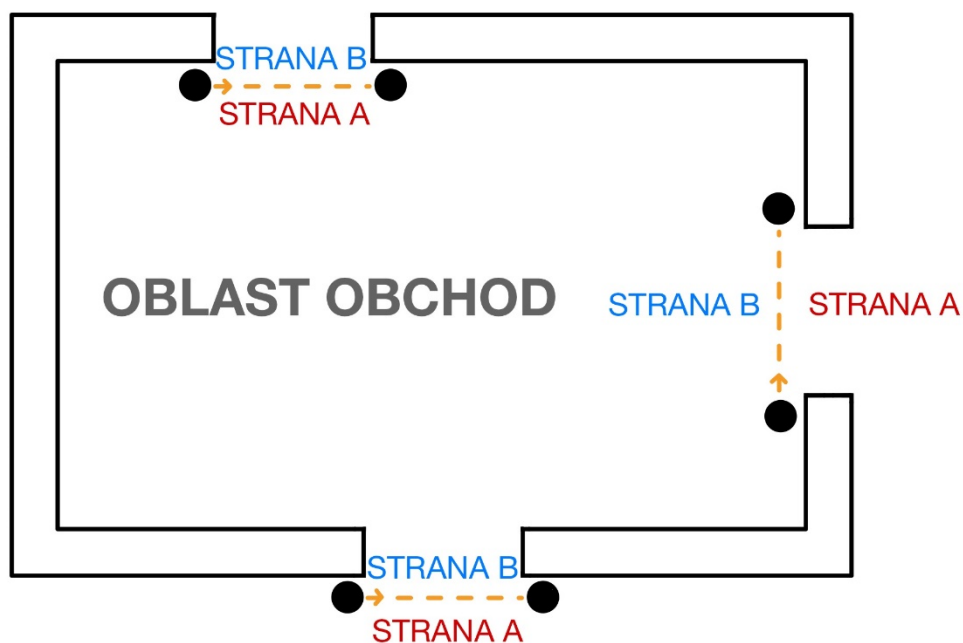
Sloupek má v sobě integrovanou čtečku karet a fotoelektrický senzor. Quido, do kterého je fotoelektrický senzor zapojen, vyvolává událost při změně hodnoty na senzoru, to v případě, že někdo protne paprsek. Pro systém je důležitý přechod z nuly do jedničky. Z dlouhodobého testování bylo vyzorováno, že k tomuto přechodu může dojít i při průchodu, kdy senzor detekuje jednu nohu a poté druhou. Ustanovila se doba 400 ms, což je maximální čas přerušování průchodu. Po této době se indikuje další průchod.

Z obrázku 5.3 je viditelné, že sloupek má definovanou stranou A a stranou B. Toto označení je napsané přímo na sloupku s fotoelektrickým senzorem, takže při instalaci se na to musí brát zřetel. Strana sloupku je vždy přiřazena k oblasti, a tedy vztah mezi oblastmi a sloupky je M:N. To znamená, že strana A je přiřazena k jedné oblasti a strana B k nějaké další. Dále oblast může mít k sobě přiřazených více stran různých sloupků. Tato konfigurace se mění na webovém serveru a její podrobné vysvětlení se bude nacházet v následující kapitole.



Obrázek 5.3 Schéma stran sloupku

Při důrazném používání čtečky karet by byl systém schopen určit počet osob v dané oblasti. Ovšem bylo by potřebné vždy při průchodu přiložit kartu, což v některých případech nemusí být nutné a zákazníci by to mohlo obtěžovat, proto lze do systému přidat kameru, která řeší tento problém.



Obrázek 5.4 Schéma oblasti s více sloupky

5.2 Kamera

Jak už bylo nastíněno v předchozích kapitolách, druhou částí systému je kamera. V programu *PeopleCounter*, který obsluhuje a zpracovává data z kamery, lze nastavit počet a rozložení oblastí, pomocí nichž je možné následně detekovat procházející osoby. To, co kamera posílá jsou informace o přesunu osoby z jedné do druhé oblasti. K tomu program dostává ještě dva doplňkové údaje o času přechodu a délce trajektorie v bodech.

Kamera jako taková by mohla fungovat samostatně. Měla by informace o směru průchodu, takže by docela dobře mohla anonymně počítat počty osob v oblastech. V aktuální verzi programu *PeopleCounter* může docházet k chybám při detekci průchodů, a proto je vhodné kameru využívat i se senzorem.



Obrázek 5.5 Ukázka zón kamery

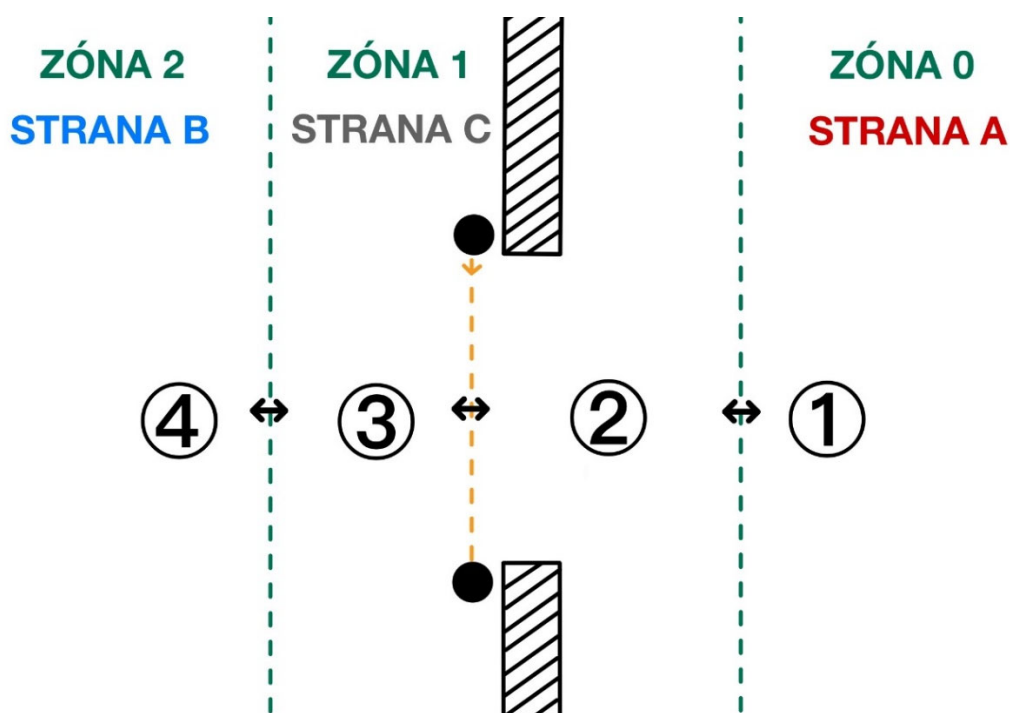
5.3 Základní algoritmus pro zpracovávání

Z vlastností, které mají již zmíněné komponenty systému, bylo navrženo řešení, které by mělo zamezit jejich negativním rysům. Při navrhování kamerových zón byl první nápad definovat pouze dvě zóny, které by měly společnou hranici shodnou se rozhraním snímaným pomocí senzoru. Z tohoto návrhu poté sešlo z důvodu toho, že pokud by se člověk zastavil na tomto rozhraní a například by chtěl přiložit kartu, kamera i senzor by mohly zaznamenat více průchodů v obou směrech. Proto bylo zvoleno řešení s třemi zónami, kdy dojde k potvrzení průchodu pomocí více různých vstupů, které se do systému dostanou v různých úsecích průchodu.

Jak lze vidět na následujícím obrázku číslo 5.6, tak v kameře jsou definovány právě tři zóny 0, 1 a 2. Z obrázku je také zřejmé, že došlo ještě ke změně u sloupku – již není definovaná jen strana A a strana B, ale došlo k rozdělení podle zón kamery. Tato změna je pouze z důvodu snazší softwarové implementace, takže co se týče dat odesílaných na server, stále dochází pouze k přechodu ze strany A na stranu B a naopak.

Nyní je vhodné se zaměřit přímo na návrh implementace softwaru. Lze začít s popisem ideálního izolovaného průchodu. Takový to průchod ze strany A na stranu B by měl vypadat takto:

1. kamera zaznamená přechod ze zóny 0 do zóny 1 (1 → 2)
2. senzor identifikuje změnu a čtečka zaregistruje číslo karty (2 → 3)
3. kamera zaznamená přechod ze zóny 1 do zóny 2. (3 → 4)



Obrázek 5.6 Schéma propojení sloupku s kamerou

Z těchto zaznamenávaných dat by bylo vhodné vytvořit nějakou strukturu či třídu, která by mohla shromažďovat údaje o jednotlivých průchodech. Také bude vhodné mít pro práci s těmito daty definované různé metody, proto tedy je zvolena třída, která má více možností než pouhá struktura. Definovaná třída by mohla obsahovat následující privátní proměnné, vlastnosti a metody:

- Booleovské proměnné pro indikaci přechodů zón a přes senzor a pro indikaci přiložené karty
- Časy k booleovským proměnným z předchozího bodu
- Metody pro obsluhu a nastavování proměnných a vytváření instancí

Při větším provozu, kdy nedochází pouze k jednotlivých izolovaným průchodům, vznikají různá úskalí, která je nutno řešit pro správný chod systému. Mezi takovéto problémy se může zařadit:

- Vstup více lidí do zón kamery z více stran
- Vstup a následné opuštění zóny nebo fronty → nedokončený průchod
- Špatná klasifikace z kamery

5.3.1 Vstup více lidí do zón kamery z více stran

Jednou z prvních překážek, která se vyskytla při vývoji tohoto algoritmu, bylo to, že do zóny 1 může vstoupit více osob, a to i z více stran. K řešení tohoto problému se nabízí možnost využití fronty. Pro lepší znázornění toku osob se využijí dvě fronty – jednu vstupní a druhá výstupní. Díky tomuto řešení se dá dobře analyzovat, které vstupní události patří jaké frontě a při případném rozšiřování projektu bude snazší implementace nových funkcí.

5.3.2 Vstup a následné opuštění zóny nebo fronty – Nedokončený průchod

Řešení tohoto problému již není tak zřejmé a nabízí se více možností. Šlo by to realizovat na základě posloupnosti stavů v systému. Například pokud byl zaregistrován průchod z kraje do středu a vzápětí byl uskutečněn přechod ze středu zpět na stejný kraj a nebyl by zaznamenán žádný další průchod, mohl by se takovýto přechod klasifikovat jako nedokončený a ihned ho z fronty smazat. Pomocí takovýchto úsudků by se dal vytvořit rozhodovací strom, díky němuž by byl program schopen efektivně mazat objekty, které se již ve frontě nevyskytují. Druhým a jednodušším řešením, které je implementováno v algoritmu, je mazání nedokončených průchodů po určitém časovém intervalu. V porovnání s první možností je horší pouze v případě, že se mnoho lidí bude chovat nepředvídatelně a na poslední chvíli si rozmýšlet vstup do oblastí. To je však vysoce nepravděpodobné, a tedy v běžném provozu by to nemělo mít negativní dopad na systém. Oproti tomu je možné mít lépe udržitelný kód.

5.3.3 Špatná klasifikace z kamery

Při testování systému v ojedinělých případech docházelo ke špatné klasifikaci přechodu zón. Tento problém se vyskytoval především při vysoké koncentraci procházejících osob v jeden moment nebo náhodně při průchodu. Tento problém není řešitelný exaktně pomocí našeho softwaru. Můžeme pouze rozšířit systém o nějakou predikční část, která by v případě nedokonalého rozpoznání průchodu rozhodla, jakým směrem a jestli vůbec byl průchod vykonán. Preferovanou možností by měla být konzultace s vývojářem kamery k odstranění těchto problémů.

6. IMPLEMENTACE SOFTWAREVÉ ČÁSTI SYSTÉMU

6.1 Main a MainFunction

Ve statické funkci *Main* dochází k inicializaci instancí tříd *CameraConnection*, *KeyDetector* a nového vlákna, ve kterém nezávisle na ostatních částech běží funkce *MainFunction*. Ve funkci *MainFunction* je vyčítána konfigurace a dochází ke komunikaci s webovým serverem. V *Mainu* je také inicializované hlavní okno této WinForm aplikace. Nakonec jsou zde ukončovány komunikace s externími zařízeními a slučována další vytvořená vlákna.

6.2 Konfigurace systému a komunikace se webovým serverem

Pro komunikaci s webovým serverem je definována třída *PillarService*, která obsahuje požadované funkce pro přijímání a odesílání dat. K počáteční inicializaci celého systému je využívám Using blok, ve kterém se vytváří nová instance třídy *HttpClient*. Tato instance je následně předána s adresou, na které se nachází konfigurace, konstruktoru třídy *PillarService*. Ten vytvoří svou instanci *svc* a zavoláním asynchronní metody *ConfigAsync* náležící třídě *PillarService* je vyčtena konfigurace ve formátu json.

```
using (var client = new HttpClient())
{
    var svc = new PillarService("...", client);
    var configuration = await svc.ConfigAsync(Settings.Instance.Id,
                                             Settings.Instance.ApiKey);
    var config = PillarConfig.ParseConfiguration(configuration);

    QuidoHelper.initQuido(ref ci, ref quido, config);
    quido.OnInputsChange += new Quido.EventQuidoInputsChange(InputsChange);
    quido.StartListen();
    ...
}
```

Konfigurace, která je zobrazena v následujícím kódu, je vložena jako parametr metodě *ParseConfiguration*, která náleží třídě *PillarConfig*. V této metodě dojde k deserializaci JSONu a uložení konfigurace do proměnných v aplikaci. V první řadě je důležité spárovat stranu sloupku se zóny kamery. V předchozí kapitole bylo definováno, že sloupek má fyzicky pouze stranu A a stranu B, ale z již zmíněné lepší identifikace průchodů byly zóny kamery rozděleny na 3 části, a tedy i strany sloupku musí být taktéž rozděleny na stejný počet částí. Strana A i B jsou tedy základní strany a strana C je pomocná, která se vyskytuje pouze v systému a dále do databáze již není vnášena. Další částí jsou parametry (atributy) *Sensor* a *Reader*. Těmito parametry je definováno, zdali jsou komponenty instalovány v aktuální konfiguraci systému. Poslední část konfigurace je určena pro inicializaci Quida. Tato část se již nevykonává v metodě *ParseConfiguration*, ale je pro ni připravena specifická metoda *initQuido* ve třídě *QuidoHelper*. Tato třída bude podrobněji vysvětlena v kapitole 6.2.

```

{
  "Camera": [
    { "side": "A", "cam_zone": [ 2 ] },
    { "side": "B", "cam_zone": [ 0 ] },
    { "side": "C", "cam_zone": [ 1 ] }
  ],
  "Sensor": {
    "Installed": 1
  },
  "Reader": {
    "Installed": 1
  },
  "Quido": {
    "Config": "provider=SERIAL_PORT;PortName=####;BaudRate=115200;",
    "Device": "adr=254",
    "DisabledPorts": "COM1,COM2",
    "PreferredPorts": "COM6"
  }
}

```

Po správné inicializaci a konfiguraci všech zařízení je v Using bloku ještě cyklus, který se stará o periodickou komunikaci s webovým serverem. V první části se po splnění podmínky `automatCommandsReadRemaining < 0` zavolá asynchronní metoda `GetRequestAsync` ze třídy `PillarService`, která přijímá jako parametry `Id` a `ApiKey` sloupek a vrací instanci třídy `PillarRequestObject`. Následně z této instance přiřadíme do proměnné `currentCommand` vlastnost `Request`. Díky této operaci lze zjistit, v jakém režimu má sloupek pracovat (*Přilož, Vždy zákaz* nebo *Vždy povol*).

```

...
while (cont)
{
    DateTime lastTimeStart = DateTime.UtcNow;

    automatCommandsReadRemaining--;
    if (automatCommandsReadRemaining < 0)
    {
        automatCommandsReadRemaining = automatCommandsReadPeriod;

        var request = await svc.GetRequestAsync(Settings.Instance.Id,
                                                Settings.Instance.ApiKey);

        currentCommand = (EAutomatRequests)request.Request;
    }

    if (Out_red != originalRed) quido.CmdSetOutput(1, Out_red, 0);
    if (Out_yellow != originalYellow) quido.CmdSetOutput(2, Out_yellow, 0);
    if (Out_green != originalGreen) quido.CmdSetOutput(3, Out_green, 0);
    if (Out_buzzer != originalBuzzer) quido.CmdSetOutput(4, Out_buzzer, 0);

    originalRed = Out_red;
    originalGreen = Out_green;
    originalYellow = Out_yellow;
    originalBuzzer = Out_buzzer;

    while (lastTimeStart.AddMilliseconds(500) > DateTime.UtcNow)
        Thread.Sleep(5);
}

```

6.3 Komunikace s Quidem

Pro komunikaci s Quidem je nutno vytvořit instanci třídy *Quido*, která má na starost kompletní obsluhu tohoto zařízení. Pro nastavení Quida je vytvořena speciální statická třída, která obsahuje 2 metody: *iniQuido* a *destroyQuido*, tyto metody se starají o vytvoření a zánik spojení s Quidem na základě výše zmíněné konfigurace.

Pro systém je důležité získávat informace ze senzoru. V třídě *Quido* je pro to definovaná událost *OnInputsChange*, díky které jsou detekovány změny na vstupu Quida. Této události se musela zaregistrovat metoda *InputsChange*, která se zavolá vždy, když dojde k nějaké změně na vstupu Quida. Toto nastavení otevírá další možnosti, jak snáze analyzovat průchody. Může se například měřit čas průchodů a podobně.

Jakmile jsou nastaveny všechny potřebné parametry, zbývá už jen zavolat metodu *StartListen*, která spustí naslouchání a *Quido* je aktivní.

Quido je dále využito k ovládání signálního sloupku. K této činnosti se používá také pouze jedna metoda, a to *CmdSetOutput*, která jako parametr přijímá číslo výstupu, boolovskou proměnnou pro nastavení *true* nebo *false* a časovač pro odložení přepnutí výstupu. Reálné použití lze vidět v předchozí kapitole 6.2.

6.4 Komunikace s kamerou

Komunikace s kamerou probíhá na základě TCP spojení s aplikací *PeopleCounter*. Klient – tato aplikace, si periodicky žádá informace o detekovaných průchodech a server reaguje na jeho žádosti.

Pro správný běh se musí ověřit IP adresa a port v obou aplikacích. Komunikace je realizována prostřednictvím textového režimu. Po navázání spojení server odešle klientovi zprávu „Hello\r\n“. Klient následně může periodicky zasílat příkaz „Read\r\n“, na který server odpoví výpisem zaznamenaných detekcí od posledního provedeného příkazu *Read*. Výpis je reprezentován jako textový řetězec ve specifickém formátu, kde každý záznam je uveden na samostatném řádku a konec výpisu je signalizován řetězcem „OK\r\n“. Jednotlivé záznamy jsou formátovány ve formě JSON:

```
[
  {
    "time": "1715525340617414",
    "from": 1,
    "to": 2,
    "points": 16500
  },
  {
    "time": "1715525380881783",
    "from": 0,
    "to": 1,
    "points": 12400
  }
]
```

První položka *time* je ve formátu mikrosekundy od počátku epochy. Položky *from* a *to* znázorňují oblasti, přes které byl proveden průchod, a *points* znázorňuje délku trajektorie pohybu. Pro deserializaci výše zmíněných a popsaných dat byl definován záznam *CameraData*.

```
public record CameraData(long Time, short From, short To, int Points);
```

Pro periodické vyčítání dat z programu *PeopleCounter* byla v programu vytvořena třída *CameraConnection*, která má 4 metody. První metoda *StartCommunication* přímá parametr *IPEndPoint*, jehož vstupní parametry jsou IP adresa a port, a inicializuje pomocí něj novou instanci třídy *TcpClient*. Dále je v metodě vytvořeno nové vlákno, které má za cíl periodicky volat metodu *SendMessage*. Tato metoda odešle zprávu programu *PeopleCounter*, ten jí pošle odpověď v již výše zmíněném formátu JSON. Metoda následně deserializuje tuto odpověď na list instancí záznamu *CameraData*. Poslední metodou je metoda *EndCommunication*, která má za cíl uzavřít komunikaci a sloučit vlákno.

6.5 Implementace algoritmu

6.5.1 Třída *PersonPass*

Pro implementaci algoritmu k počítání průchodů je použit návrh z předchozí kapitoly 5. Je třeba definovat tři třídy. Základní třída pojmenovaná *PersonPass* shromažďuje informace o jednotlivých průchodech a obsahuje privátní proměnné, které jsou znázorněny v následujícím kódu.

```
bool cameraPassStarted = false; // přechodu z krajní do střední zóny
bool cameraPassFinished = false; // přechodu ze střední do krajní zóny
string cardId = null; // ID přiložené karty
bool sensorTriggered = false; // zaregistrován přechod přes senzor

DateTime? cameraPassStartTime; // čas změny z False na True u cameraPassStarted
DateTime? cameraPassFinishTime; // čas změny z False na True u cameraPassFinished
DateTime? cardTime; // čas přiložení karty
DateTime? sensorTriggerTime; // čas změny z False na True u sensorTriggered
```

Dále se kromě proměnných v kódu vyskytují i metody. Existují tři statické metody s návratovou hodnotou *PersonPass* pro vytvoření tohoto objektu na základě registrace přechodu z kamery, detekce senzorem nebo přijetí čísla karty:

- *MakeFromCamera*
- *MakeFromSensor*
- *MakeFromCardReader*

Dále jsou definované 4 metody, které slouží pro doplňování informací do instance v průběhu průchodu:

- *RegisterCamera*,
- *RegisterCameraFinal*
- *RegisterReader*
- *RegisterSensor*

Poslední metodou je *PassFinished*, která má návratovou hodnotu *bool*. Při volání této metody je zjištěno, zdali je průchod již dokončen (instance má všechny vyžadované informace).

6.5.2 Třída *PersonQueue*

Jak již bylo zmíněno, může nastat situace, kdy se v zónách kamery vyskytne větší množství osob. To znamená, že se musí uchovávat více instancí třídy *PersonPass*. Je tedy vytvořena další třída s názvem *PersonQueue*. V této třídě je definován privátní list prvků *PersonPass*, který shromažďuje tyto instance, a proměnné *From* a *To*, které definují, pro jaký průchod je fronta určena. Dále jsou zde definované metody pro obsluhu fronty. Jedná se především o metody:

- *Enqueue*
- *Peek*
- *GetFirstOf*
- *Dequeue*

Pak také metody pro obsluhu a přidělování informací o průchodu do správných instancí:

- *RegisterCamera*
- *RegisterReader*
- *RegisterSensor*

Nakonec jsou zde definované metody pro vyhledávání a vyhodnocování průchodů:

- *PassFinishedList*
- *GetFirstPerson*

6.5.3 Třída *Adaptér*

Poslední třídou potřebnou k propojení všech součástí programu je třída *Adapter*. Tato třída se stará o to, aby byly správně zpracovávány události vyvolávané čtečkou, senzorem a kamerou. Obsahuje tři základní metody, které jsou registrované pro příjem událostí z těchto tří zařízení: *PassCameraData*, *PassReaderData*, *PassSensorData*. Dále jsou ve třídě vytvořené dvě instance *PersonQueue*, jedna pro vstupní a druhá pro výstupní frontu. Na základě podmínek specifikovaných v metodách pro příjem událostí, jsou volány metody z třídy *PersonQueue* a vytvářeny či doplňovány instance třídy *PersonPass*, které reprezentují jednotlivé průchody.

V třídě *Adapter* také běží samostatné vlákno, které se periodicky dotazuje obou front, zdali neobsahují prvky s dokončenými průchody. Pokud je nalezena takováto instance,

tak je vyvolána událost *PassFinishedDelegate* z třídy *Adapter*, u níž je registrována metoda *Adapter_PassFinished*. Metoda *Adapter_PassFinished* náležící třídě *Program* má následně za cíl odeslat informace o provedeném průchodu na server.

7. TESTOVÁNÍ SYSTÉMU

Testování systému bylo provedeno na osmi různých případech, které jsou rozepsány v následující části kapitoly. Finální testování bylo uskutečněno ve dnech 16.–21. 5. 2024, ovšem k průběžnému testování docházelo v celém průběhu vývoje. Testování probíhalo logováním událostí (vznik objektu, dokončení průchodu, ...), pomocí kterých byla vyplněna excelovská tabulka nacházející se v příloze E.

V každém testu pro obě fronty byl v tabulce zaznačen předpokládaný počet dokončených a nedokončených průchodů. Při testování byly do tabulky vepisovány reálné výsledky. Pro úspěšný test bylo třeba, aby se shodoval počet dokončených i nedokončených průchodů. Pokud se shodoval pouze počet dokončených průchodů, pak byl test prohlášen za neúspěšný s tím, že ale neměl negativní vliv na výsledek. Neshodoval se počet ani u jednoho atributu, pak byl test neúspěšný.

V následujících kapitolách jsou v tabulkách prezentované výsledky. Pro každý případ byly vytvořeny dvě. V první jsou pro oba typy front ukázány procentuální úspěšnosti testů, tedy v kolika procentech případů byl test splněn v obou částech. V druhé tabulce je pak ukázán pro každý směr průchodu počet předpokládaných dokončených a poté i reálně dokončených průchodů, dále počet nedokončených průchodů a přesnost detekce. Ta se určuje na základě předpokládaného počtu a reálného počtu dokončených průchodů.

7.1 Izolované průchody – z A do B

7.1.1 Zadání

Test systému na jednotlivé průchody, tedy situace, kdy se v zónách kamery pohybuje pouze jedna osoba. Tato osoba uskuteční standardní průchod s tím, že projde ze strany A na stranu B a v průběhu průchodu přiloží kartu. Před a po průchodu nikdo další do oblasti nevystupuje.

7.1.2 Průběh

Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo výsledků ukázaných v následujících tabulkách.

Tabulka 7.1 Úspěšnost testů: Izolované průchody z A do B

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Úspěšnost testů [%]
50	IQ	50	0	0	100
	OQ	48	0	2	96

Tabulka 7.2 Přesnost detekce izolovaných průchodů z A do B

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	50	48	2	96
B -> A (IQ)	0	0	0	100

Jediný problém, který se vyskytl, byl se špatnou detekcí při přesunu ze zóny 1 do zóny 0, tedy přechod potvrzující dokončení průchodu.

7.1.3 Zhodnocení

System tímto testem prošel s celkovou úspěšností 96 %. V oblasti základní implementace nejsou dle tohoto testu potřeba hledat žádné změny.

7.2 Izolované průchody – z B do A

7.2.1 Zadání

Test systému na jednotlivé průchody, tedy situace, kdy se v zónách kamery pohybuje pouze jedna osoba. Tato osoba uskuteční standardní průchod s tím, že projde ze strany B na stranu A a v průběhu průchodu přiloží kartu. Před a po průchodu nikdo další do oblasti nevystupuje.

7.2.2 Průběh

Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.3 Úspěšnost testů: Izolované průchody z B do A

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	38	0	12	76
	OQ	47	3	0	100

Tabulka 7.4 Přesnost detekce izolovaných průchodů z B do A

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	0	0	3	100
B -> A (IQ)	50	38	10	76

7.2.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 76 %. Oproti testu 7.1 dopadl podstatně hůře. Při vysoké rychlosti chůze často docházelo nejprve k detekci senzorem a teprve pak k přechodu ze zóny 0 do zóny 1 detekovaným pomocí kamery. Tento problém je tedy primárně zaviněn kamerou. Z obrázku 5.5, ve kterém je ukázaná snímaná oblast, je zřetelné, že kamera nemusí mít dostatečný čas na detekci vchodu do střední zóny 1 přes zónu 0. Pro zlepšení tohoto problému je vhodné upravit nastavení kamery.

7.3 Nedokončené průchody – z A do B

7.3.1 Zadání

Test systému na nedokončené průchody spočívá v tom, že do krajní oblasti kamery (zóna 2) vstoupí osoba, která následně oblast opustí a jiná osoba provede běžný průchod ze strany A na stranu B.

7.3.2 Průběh

Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.5 Úspěšnost testů: Nedokončené průchody z A do B

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	47	3	0	94
	OQ	45	4	1	90

Tabulka 7.6 Přesnost detekce nedokončených průchodů z A do B

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	50	49	54	98
B -> A (IQ)	0	0	3	100

7.3.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 98 % a není tedy v této oblasti nutné hledat dalších optimalizací.

7.4 Nedokončené průchody – z B do A

7.4.1 Zadání

Test systému na nedokončené průchody spočívá v tom, že do krajní oblasti kamery (zóna 0) vstoupí osoba, které následně oblast opustí a jiná osoba provede běžný průchod ze strany B na stranu A.

7.4.2 Průběh

Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.7 Úspěšnost testů: Nedokončené průchody z B do A

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	39	5	6	78
	OQ	48	2	0	96

Tabulka 7.8 Přesnost detekce nedokončených průchodů z B do A

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	0	0	2	100
B -> A (IQ)	50	44	51	88

7.4.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 88 %. Tento test je opět horší než test 7.3. Problém má stejné řešení jako u testu 7.2.

7.5 Průchody více osob jedním směrem – z A do B

7.5.1 Zadání

Test systému na průchody více osob jedním směrem spočívá v tom, že v řadě za sebou do oblasti vstoupí více osob. V tomto se bude jednat o dvě osoby.

7.5.2 Průběh

Pomocí tohoto testu se zkontroluje správná implementace výstupní fronty a propojení celého systému. Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.9 Úspěšnost testů: Průchody více osob z A do B

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	49	1	0	98
	OQ	43	0	7	86

Tabulka 7.10 Přesnost detekce průchodů více osob z A do B

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	100	93	6	93
B -> A (IQ)	0	0	2	100

7.5.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 93 % a není tedy v této oblasti třeba hledat dalších optimalizací. Problém se většinou vyskytl při východu z oblasti, kdy nebyly potvrzeny oba průchody.

7.6 Průchody více osob jedním směrem – z B do A

7.6.1 Zadání

Test systému na průchody více osob jedním směrem spočívá v tom, že v řadě za sebou do oblasti vstoupí více osob. V tomto se bude jednat o dvě osoby.

7.6.2 Průběh

Pomocí tohoto testu se zkontroluje správná implementace vstupní fronty a propojení celého systému. Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.11 Úspěšnost testů: Průchody více osob z B do A

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	39	0	11	78
	OQ	50	0	0	100

Tabulka 7.12 Přesnost detekce průchodů více osob z B do A

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	0	0	0	100
B -> A (IQ)	100	87	8	87

7.6.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 87 %. Tento test je opět horší než předchozí ekvivalent, tak jako testy 7.2 a 7.4. Má ovšem vyšší úspěšnost, a to proto, že maximální rychlost chůze dvou lidí nebyla tak vysoká jako o prvního testu 7.2, a tedy bylo i méně pozdně detekovaných přechodů ze zóny 0 -> 1.

7.7 Průchody více osob dvěma směry v různý čas

7.7.1 Zadání

Test systému na průchody více osob dvěma směry spočívá v tom, že do oblasti vstoupí více osob. V tomto se bude jednat o dvě osoby. Jedna vstoupí do prostřední zóny 1 ze zóny 0 a druhá osoba ze zóny 2. Osoby se mívají mimo rozhraní senzoru, tedy senzor zaznamená 2 průchody.

7.7.2 Průběh

Pomocí tohoto testu se zkontroluje správná implementace obou front a propojení celého systému. Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.13 Úspěšnost testů: Průchody více osob v různý čas

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	41	0	9	82
	OQ	47	0	3	94

Tabulka 7.14 Přesnost detekce průchody více osob v různý čas

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	50	47	3	94
B -> A (IQ)	50	44	7	88

7.7.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 91 %. Tento test dopadl také úspěšně, a to i u vstupu, protože se musely osoby pouštět (otevřena pouze jedna strana dveří) a nechodily tak velkou rychlostí.

7.8 Průchody více osob dvěma směry ve stejný čas

7.8.1 Zadání

Test systému na průchody více osob dvěma směry spočívá v tom, že do oblasti vstoupí více osob. V tomto se bude jednat o dvě osoby. Jedna vstoupí do prostřední zóny 1 ze zóny 0 a druhá osoba ze zóny 2. Osoby se míjí na rozhraní senzoru, tedy senzor zaznamená pouze 1 průchod.

7.8.2 Průběh

Pomocí tohoto testu se simuluje rušný provoz, kdy se více osob míjí na rozhraní snímaném senzorem. Tento test se opakoval 50krát a bylo dosaženo následujících výsledků:

Tabulka 7.15 Úspěšnost testů: Průchody více osob ve stejný čas

Počet	Typ fronty	Úspěšné testy	Neúspěšné testy bez vlivu na výsledek	Neúspěšné testy	Přesnost
50	IQ	23	0	27	46
	OQ	27	0	23	54

Tabulka 7.16 Přesnost detekce průchodů více osob ve stejný čas

Směr průchodu	Předpokládaný počet průchodů	Dokončené průchody	Nedokončené průchody	Přesnost [%]
A -> B (OQ)	50	27	23	54
B -> A (IQ)	50	23	25	46

7.8.3 Zhodnocení

Systém tímto testem prošel s úspěšností 50 %, a to proto, že senzor není schopen zachytit více osob v jeden okamžik. Pokud by měl být systém instalován do rušného prostředí, měl by být tento nedostatek upraven.

ZÁVĚR

V první a druhé kapitole byly zhodnoceny různé typy přístrojů pro zjišťování počtů zákazníků v prodejnách. Při průzkumu trhu bylo zjištěno, že je opravdu velké množství těchto přístrojů. Od nezákladnějších, které snímají pouze průchody a stojí jen několik tisíc korun, až po inteligentní zařízení, která jsou schopna snímat dokonce i směr pohledu osoby nebo to, zda má zákazník nasazený respirátor.

Ve třetí kapitole byly popsány komponenty potřebné k sestavení přístroje, který byl úkolem pro následující část práce. Nejdříve bylo zjištěno, jaké funkce poskytuje IO modul Papouch Quido 4/4. Následně byly zhodnoceny výhody a nevýhody použití fotoelektrického senzoru jako brány. Nakonec byly popsány ostatní komponenty, tedy čtečka karet, signalizační sloupek, TOF kamera a počítač.

Ve čtvrté kapitole byl popsán systém, který využíval pouze fotoelektrický senzor, a dále také důvody, které vedly k vytvoření druhého systému rozšířeného o TOF kameru.

V následujících kapitolách byl navržen systém nový. Ten byl oproti prvnímu upraven a rozšířen o TOF kameru a nový, výkonnější počítač. Dále zde byl uveden návrh a implementace softwarové části. Na závěr byl celý systém důkladně otestován pomocí několika různých testů. Tyto testy byly postupně zhodnoceny a až na jediný dopadly úspěšně.

Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole, podařilo se vyvinout kvalitní systém schopný detekovat průchody osob. Tento systém je navržen tak, aby při absenci některé ze součástí (kamera, čtečka nebo fotoelektrický senzor) mohl i nadále správně pracovat. Systém je možné do budoucna dále rozšiřovat o další součásti a pracovat na tom, aby poskytoval ještě přesnější údaje o počtu procházejících osob.

LITERATURA

- [1] BOBEK, Martin. Monitorování počtu osob v budovách. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 71 s., 7 s. zdroj. kód prog. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/11801>. Diplomová práce. Tomas Bata University in Zlín. Faculty of Applied Informatics, Ústav elektroniky a měření. Vedoucí práce Navrátil, Milan.
- [2] BROWN, Britney. DOR TECHNOLOGIES, INC. 8 Essential Benefits of People Counters for Retail Stores. Dor [online]. 6 April 2020n. 1. [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.getdor.com/blog/2020/04/06/benefits-of-people-counters-for-retail-stores/>
- [3] IRISYS. Customer Counting in Retail Stores. Irisys.net [online]. 2023 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: <https://www.irisys.net/solutions/retail-customer-counting>
- [4] ORIS PLUS SPOL. S R.O. Počítadlo ORIS Basic counter. Oris shop [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.oris-shop.cz/pocitadlo-pruchodu-zakazniku-jednoduche-s-displejem#tb1=1>
- [5] ORIS PLUS SPOL. S R.O. Počítadlo ORIS LAN counter. Oris shop [online]. [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.oris-shop.cz/pocitadlo-pruchodu-zakazniku-lan>
- [6] NETREX S.R.O. NetRex Retail Analytics. NetRex [online]. ©2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.netrex.cz/co-nabizime/netrex-retail-analytics/>
- [7] NETREX S.R.O. NetRex Retail Analytics. NetRex [online]. ©2023, 6 s. Dostupné také z: <https://www.netrex.cz/wp-content/uploads/2022/05/NetRex-Retail-Analytics-2204-EN.pdf>
- [8] KAUF LAND. Axis M3085-V [online]. 2024 [cit. 2024-05-21]. Dostupné z: https://www.kaufland.cz/product/442653644/?utm_source=heureka&utm_medium=cpc&utm_content=cz&utm_campaign=pricecomparison&utm_term&hgtid=9307bc20-07e3-4a36-8307-5f17e844dd2c
- [9] INFRARED INTEGRATED SYSTEMS LTD. Vector 4D People Counter. Irisys [online]. ©2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.irisys.net/technology/vector-4d-people-counter>
- [10] EMBEDDED WORKS CORPORATION. Irisys Vector 4D People Counter. Embedded Works [online]. ©2004–2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.embeddedworks.net/sens567/>
- [11] MILESIGHT. AI ToF People Counting Sensor. Milesight [online]. ©2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.milesight.com/iot/product/lorawan-sensor/vs133>
- [12] IPSECURE.CZ S.R.O. VIVOTEK počítání vstupů. Kamery-VIVOTEK.cz [online]. ©2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.kamery-vivotek.cz/pocitani-lidi/vivotek-pocitani-vstupu/>
- [13] XOVIS AG. PC2SE sensor. XOVIS [online]. ©2024 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.xovis.com/technology/sensor/pc2se-sensor>

- [14] Quido USB: Katalogový list. In: PAPOUCH store [online]. 2005, 19.12.2022, s. 24 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: https://cdn.papouch.com/data/user-content/products/quido-usb-spolecne/quido-usb_cz.pdf
- [15] PAPOUCH STORE S.R.O. QuidoFX - software pro I/O moduly Quido. PAPOUCH STORE [online]. ©2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://papouch.com/quidofx-software-pro-i-o-moduly-quido-p4020/>
- [16] PAPOUCH STORE S.R.O. Wix: Měřicí software. PAPOUCH STORE [online]. ©2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://papouch.com/wix-merici-software-p4810/?vid=2220>
- [17] OMRON CORPORATION. Photoelectric Sensors. OMRON Industrial Automation [online]. ©2007-2023 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.ia.omron.com/support/guide/43/introduction.html>
- [18] WATELECTRONICS.COM. Photoelectric Sensor : Working, Interfacing with Arduino & Its Applications. WatElectronics.com [online]. 2022 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.watelectronics.com/photoelectric-sensor/>
- [19] FENG, niu. Diffuse Photoelectric Sensors. In: OMCH [online]. 2021 [cit. 2024-01-02]. Dostupné z: <https://www.omchsmeps.com/diffuse-photoelectric-sensors/>
- [20] CONRAD ELECTRONIC SE. Photoelectric Senzor EN33 Series. 2021, 8 s. [cit. 2024-01-01]. Dostupné také z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/gl/002354303ML00/hasznalati-utmutato-2354304-tru-components-reflexios-fenyszkenner-tc-9417216-tc-9417216-vilagossan-kapcsolo-12-24-v-1-db.pdf>
- [21] MERTLÍK, Tomáš. Technologie NFC a její zabezpečení. BRNO, 2013, 116 s. Dostupné také z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65330. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky komunikačních technologií, Ústav telekomunikací. Vedoucí práce Ing. Martin Rosenberg
- [22] Technologie NFC v 7 bodech. Elektronik-info.cz [online]. 2019 [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://www.elektronik-info.cz/2019061001/technologie-nfc-v-7-bodech>
- [23] PARTIZAN SECURITY S.R.O. Čtečka PAR-QM11 1.0 White (Čtečka QR kódů + Mifare + NFC). Partizan store [online]. [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://cz.partizanstore.eu/products/par-qm11-1-0-white/>
- [24] CONRAD ELECTRONIC SE. Data Sheet [online]. 2 s. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/en/002384824DS00/list-technicky-udaju-2384824-tru-components-signalni-sloupek-tc-9539296-led-cervena-zluta-zelena-1-ks.pdf>
- [25] Time-of-flight camera. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 24 March 2024n. 1. [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Time-of-flight_camera
- [26] BASTL, Petr. Program PeopleCounter. 2024, 11 s. [cit. 2024-05-21].

- [27] CZC.CZ. ASUS NUC 12 Pro, černá. Czc.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: https://www.czc.cz/asus-nuc-12-pro-cerna_5/391454/produkt?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLNzyyhYVp1dWyoPJ3rbH88Vcf0EQuNliZJw9i4Kv-g-IRAPRHpcRTMaAr2nEALw_wcB
- [28] C Sharp. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/C_Sharp
- [29] MICROSOFT. Build. Test. Deploy. Microsoft [online]. ©2024 [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/>
- [30] LANDWERTH, Immo. Introducing .NET Standard. In: MICROSOFT. Microsoft [online]. 2016 [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://devblogs.microsoft.com/dotnet/introducing-net-standard/>
- [31] How to Sign In to Windows 10 without Password & Avoid Security Risks? In: Hideez [online]. 2022 [cit. 2024-01-04]. Dostupné z: <https://hideez.com/blogs/news/login-without-password-in-windows>
- [32] Krabice GEWISS GW44410 396x316x128mm IP56 na omítku. Kvelektro.cz [online]. ©2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.kvelektro.cz/krabice-gewiss-gw44410-396x316x128mm-ip56-na-omitku-p1182787>
- [33] Čtečka PAR-QM11 1.0 White (Čtečka QR kódů + Mifare + NFC). Kamerydomu.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.kamerydomu.cz/ctecka-par-qm11-1-0-white--ctecka-qr-kodu-mifare-nfc/>
- [34] Modul DC/DC měnič step-up 5-35V/4A, LED displej. GMElectronic [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/v/1507883/modul-dc-dc-menic-step-up-5-35v-4a-led-displej>
- [35] 3D Time of Flight (ToF) USB Camera - DepthVista_USB_RGBIRD. E-CON SYSTEMS. E-consystems.com [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.e-consystems.com/3d-depth-cameras/tof-cameras/usb-interface-3d-tof-camera.asp>
- [36] Quido USB 4/4: 4 vstupy, 4 výstupy a teploměr. Papouch Store [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://papouch.com/quido-usb-4-4-4-vstupy-4-vystupy-a-teplomer-p4655/?cid=145&vid=1824>
- [37] TRU COMPONENTS signální sloupek TC-9539296 LED červená, žlutá, zelená 1 ks. Conrad.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/tru-components-signalni-sloupek-tc-9539296-led-cervena-zluta-zelena-1-ks-2384824.html>
- [38] TS35/7.5P-1M. Tme.eu [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: https://www.tme.eu/cz/details/ts35_7.5p-1m/spojky/?brutto=1&cy=CZK&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLOQhaRptNFpOAepjYdvXCoNH_InJWX8y-6IMWsN1h137Bf3MmkfbvYaAo9MEALw_wcB

- [39] Svorkovnice na lištu DIN. Cz.mouser.com [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: https://cz.mouser.com/ProductDetail/Phoenix-Contact/1078960?qs=bZr6mbWTK5lFnHijtDdVfQ%3D%3D&mgh=1&utm_id=20241108148&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLM_tYjaRrR79JTbT3AabMc7NRJrUgtkGt6vovYVFiGJDjGeXuhE8TMaAjWgEALw_wcB
- [40] Patriot 8GB DDR4 3200MHz CL22 Signature Premium. Alza.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/patriot-8gb-ddr4-3200mhz-cl22-signature-premium-d7708641.htm>
- [41] TRU COMPONENTS Retroreflective light barrier TC-9417220 M8 Effective detection range: 300 cm Light-ON 1 pc(s). Conrad.com [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.conrad.com/en/p/tru-components-retroreflective-light-barrier-tc-9417220-m8-effective-detection-range-300-cm-light-on-1-pc-s-2354305.html>
- [42] Samsung 980 250GB. Alza.cz [online]. 2024 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/samsung-980-250gb-d6341632.htm>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	Vysoké učení technické v Brně
TOF	Time of Flight
RD	Červená
YE	Žlutá
WH	Bílá
GN	Zelená
BL	Modrá
BR	Hnědá
BK	Černá
GY	Šedá
WHBR	Bílo hnědá
WHOG	Bílo oranžová
WHGN	Bílo zelená
WHBL	Bílo modrá

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - INSTALACE	58
PŘÍLOHA B - OBRÁZKY K INSTALACI.....	61
PŘÍLOHA C - SEZNAM KOMPONENTŮ	64
PŘÍLOHA D - SEZNAM VÝTISKŮ	65
PŘÍLOHA E - VÝSLEDKY TESTŮ JSOU ULOŽENY NA FLASH DISKU	69
PŘÍLOHA F - ELEKTROTECHNICKÉ SCHÉMA JE ULOŽENO NA FLASH DISKU.....	70
PŘÍLOHA G - ZDROJOVÉ KÓDY PROGRAMŮ JSOU ULOŽENY NA FLASH DISKU	71
PŘÍLOHA H - FOTODOKUMENTACE.....	72

Příloha A - Instalace

A.1 Úvod

Pro instalaci přípravku je nutné si ověřit, zdali jsou k dispozici všechny součásti. Seznam všech součástí, komponentů a výtisků potřebných pro instalaci je k nalezení v přílohách C a D. Jako podpůrný materiál k instalaci je příloha B.

A.2 Mechanická úprava komponentů

Pro namontování a zapojení je nutné si v prvním kroku mechanicky upravit některé součásti. Bez tohoto kroku by nebylo možné zařízení správně složit:

1. Ze sloupku 1 je třeba odstranit vrchní kryt, pak je nutné do sloupku vyvrtat a vyřezat několik otvorů a děr. První díru o průměru 15 mm je nutné vyvrtat 130 mm od vrchní hrany. Tato díra je potřebná pro kabel vedoucí z čtečky karet. Druhý otvor má rozměry 15 × 35 mm (šířka × výška), je ve vzdálenosti 680 mm od spodní hrany a je určen pro umístění fotoelektrického senzoru. Poslední se nachází ve spodní části pod krytem, který zakrývá stojnou plochu. Tento otvor je potřebný pro protažení všech kabelů vedoucích do instalační krabice. Velikost může být opět 15 mm. Všechny tři otvory musí být vyřezány pod sebou.
2. Do druhého sloupku je nutné vyvrtat dvě díry o průměru 2 mm. Je vhodné nasunout výtisk D.5 na sloupek 660 mm od spodní hrany a následně vyvrtat zmíněné dva otvory, které slouží k přiroubování výtisku.
3. Do instalační krabice je na pravé straně v horní polovině nutné vyřezat otvor o rozměru 110 × 35 mm. Dále vyvrtat tři otvory o rozměrech 8, 8, 12 mm. Nakonec je vhodné pro nasávání vzduchu vyřezat na levé straně druhý otvor o rozměru 10 × 10. Tim je dokončena mechanická úprava a lze se přesunout na montáž.

A.3 Montáž

Po mechanické úpravě následuje montáž:

1. Nasunout výtisk D.1 na sloupek 1, tak aby otvor vyřezaný pro fotoelektrický senzor a otvor ve výtisku byly ve stejné pozici a dal se do nich vsunout fotoelektrický senzor.
2. Na sloupek 1 je třeba připevnit výtisk D.2 a jeho protikus D.3, které jsou určeny pro uchycení čtečky karet. Tyto výtisky musí být 32 mm od vrchní hrany, protože nad nimi bude ještě výtisk D.4, který je určený pro upevnění signalizačního sloupku. Na užší straně výtisku D.4 je závit určený pro sešroubování s majákem. Na širší straně výtisku se nacházejí 2 otvory, pomocí kterých lze maják připevnit ke sloupku. K tomu lze použít samořezné šrouby.
3. Na sloupek 2 je nutno připevnit pouze výtisk D.5, který má za úkol držet odrazový

reflektor. Ten se přišroubuje do výšky 660 mm od spodní hrany pomocí již připravených děr.

4. Pokud je požadováno upevnění sloupků ke zdi nebo futrům, využijí se výtisky D.6 a D.7. K sešroubování je nutno použít šrouby o průměru 3 mm a délce 20 mm.
5. Pro umístění počítače, svorkovnice, Quida a dalších komponent je připravena instalační krabice GEWISS GW44410 396x316x128mm. Do instalační krabice se podle obrázku v příloze B.3 připevní do její horní poloviny přes celou šíři DIN lišta o délce 390 mm a do spodní druhá DIN lišta o délce 250 mm.
6. Na výtisk D.8, který je určen pro umístění Quida, je nutné přišroubovat Upevňovací adaptér na DIN lištu a poté připevnit i Quido.
7. Na počítač jsou také potřeba přišroubovat Upevňovací adaptéry na DIN lištu.
8. Podle obrázku v příloze B.3 je nutné vložit do instalační krabice počítač, Quido, 15 řadových svorek a přišroubovat Step-up měnič.
9. Dále je třeba prodloužit kabel od signalizačního sloupku. K tomu se využije UTP kabel, který se kabelem od majáku zapoj podle elektrického schéma v příloze F.

A.4 Elektrické zapojení

Podle elektrotechnického schéma v příloze F, je nutné zapojit všechny součásti.

A.5 Nastavení počítače

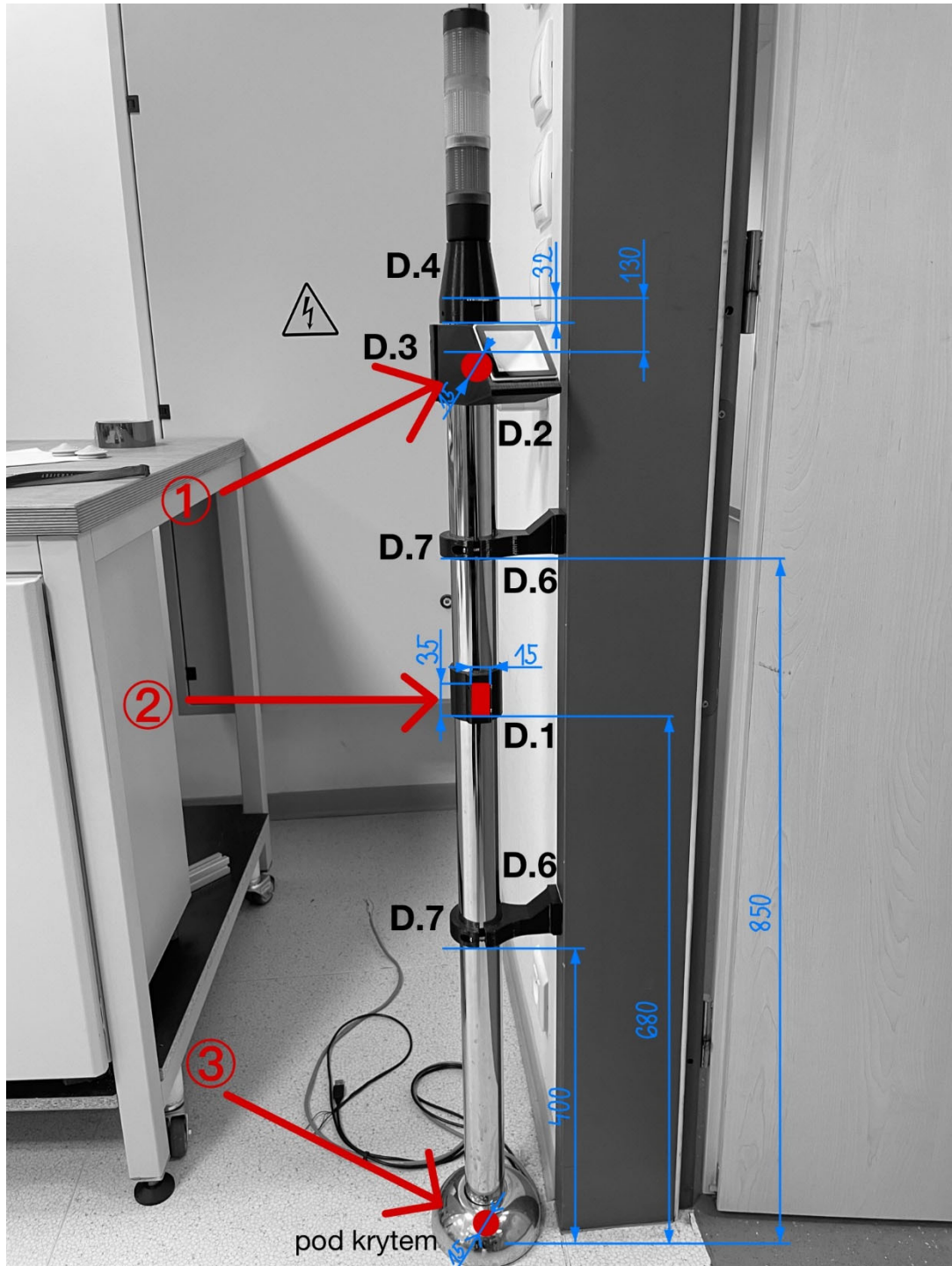
1. Počítač není dodáván s diskem ani s operačním systémem, proto je nutné v první řadě vložit do počítače disk SSD disk M.2 a RAM DDR4 3200 MHz. U SSD disku dostatečnou velikost začíná již na 128 GB.
2. Po vložení disku je nutné nabootovat Windows 10. Nejprve je nutné si opatřit instalační medium. To lze získat mnoha způsoby, ten nejjednodušší je si na oficiálních stránkách Microsoftu stáhnout program Media Creation Tool pro Windows 10. Po instalaci programu se zobrazí otázka: „Co chcete udělat?“, zvolí se možnost: „Vytvořit instalační média“ Vybere se český jazyk, edici Windows 10 a 64bitovou architekturu. Dále je nutné zvolit USB flash disk jako instalační medium a poté vybrat disk vložený do PC, na který je požadováno nainstalovat instalační soubory Windows.
3. Po dokončení stahování a instalace se zapojí USB disk do počítače, na který je potřeba nainstalovat Windows, a zapne se. K vstupu do biosu, je nutné opakovaně stiskávat klávesu ESC. V Biosu je nutné změnit pořadí pro bootování na USB flash disk, klávesou ESC dojde k uložení a opuštění biosu.
4. Po chvíli zobrazí okno s instalačním programem. V prvním kroku dochází k výběru preferovaného jazyka, formátu času a měny a klávesnice. Poté je zobrazeno tlačítko instalovat, na to je nutno kliknout. Následně Windows vyžaduje aktivaci. Toto lze přeskočit kliknutím na tlačítko „Nemám kód Product Key.“ Dále se vybírá verze OS Windows 10 Pro nebo Home. Poté se program optá

na typ instalace, je nutno zvolit „Vlastní: Jenom nainstalovat Windows (pokročilé)“ a nakonec je potřeba vybrat disk, na který se bude Windows nainstalovat, po potvrzení se nechá systém nainstalovat.

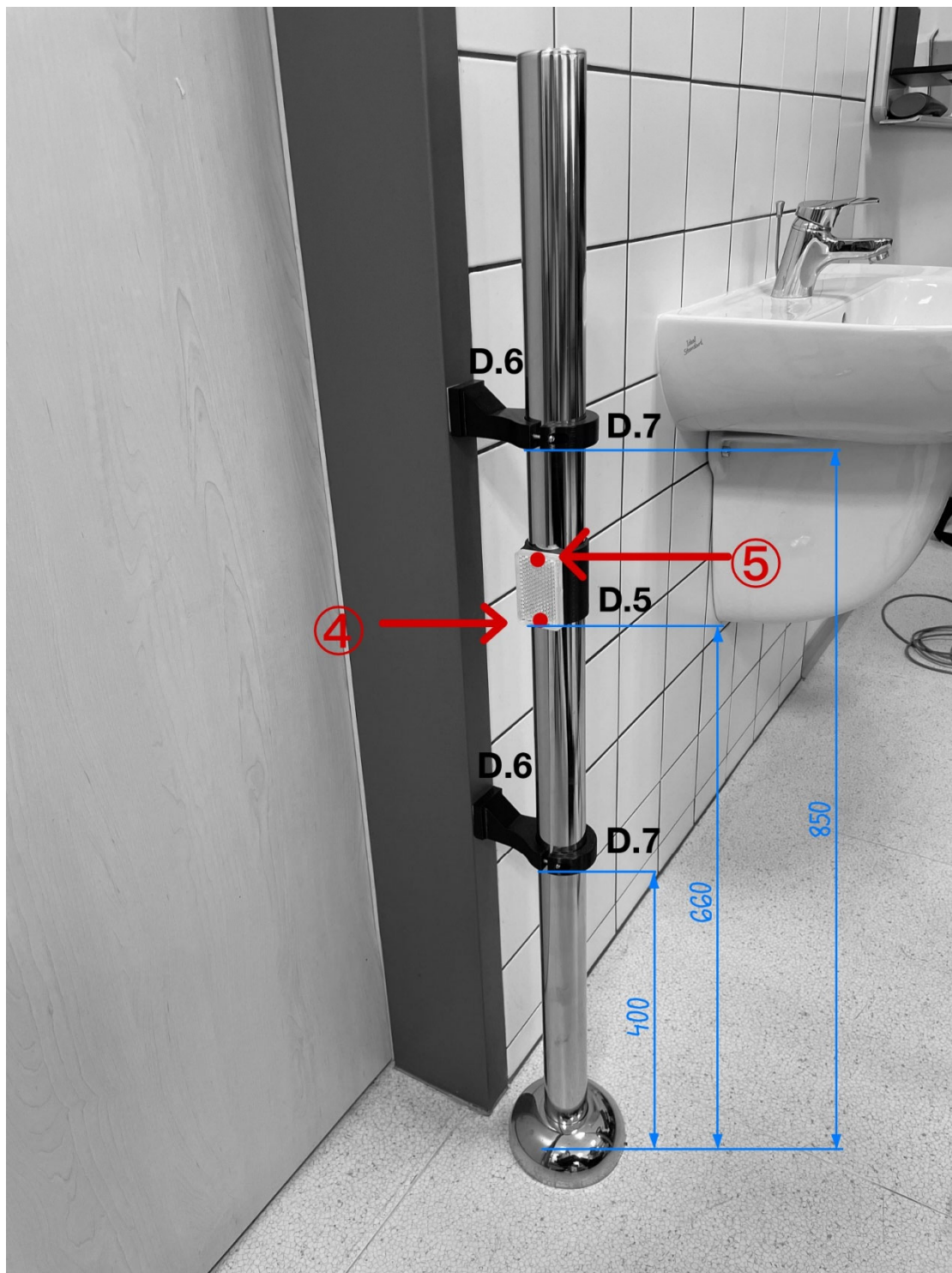
5. Po předchozích krocích by měla být instalace hotová. Protože byla provedena čistá instalaci, jsou potřeba doinstalovat potřebné ovladače například pro správnou funkci grafického adaptéru a Wifi. To se zajistí připojením počítače k síti pomocí ethernetového kabelu a spuštěním aktualizací Windows.
6. Pro bezproblémový chod po zapnutí PC je potřeba vypnout přihlašování. To se zajistí podle následujících kroků:
 - Stisknout Win + R, zadat příkaz „netplwiz“ a poté zrušit zaškrtnutí
 - Objeví se okno, do kterého se musí zadat uživatelské heslo
 - Uložit
7. V posledním kroku je nutné si vytvořit zástupce spustitelného souboru programu *NaplAdapter* a *PeopleCounter* a vložit je do následujícího adresáře „C:\Users\jmeno_uzivatele\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\StartMenu\Programs\Startup“, díky tomu se aplikace spustí ihned po startu Windows.[26]

Příloha B - Obrázky k instalaci

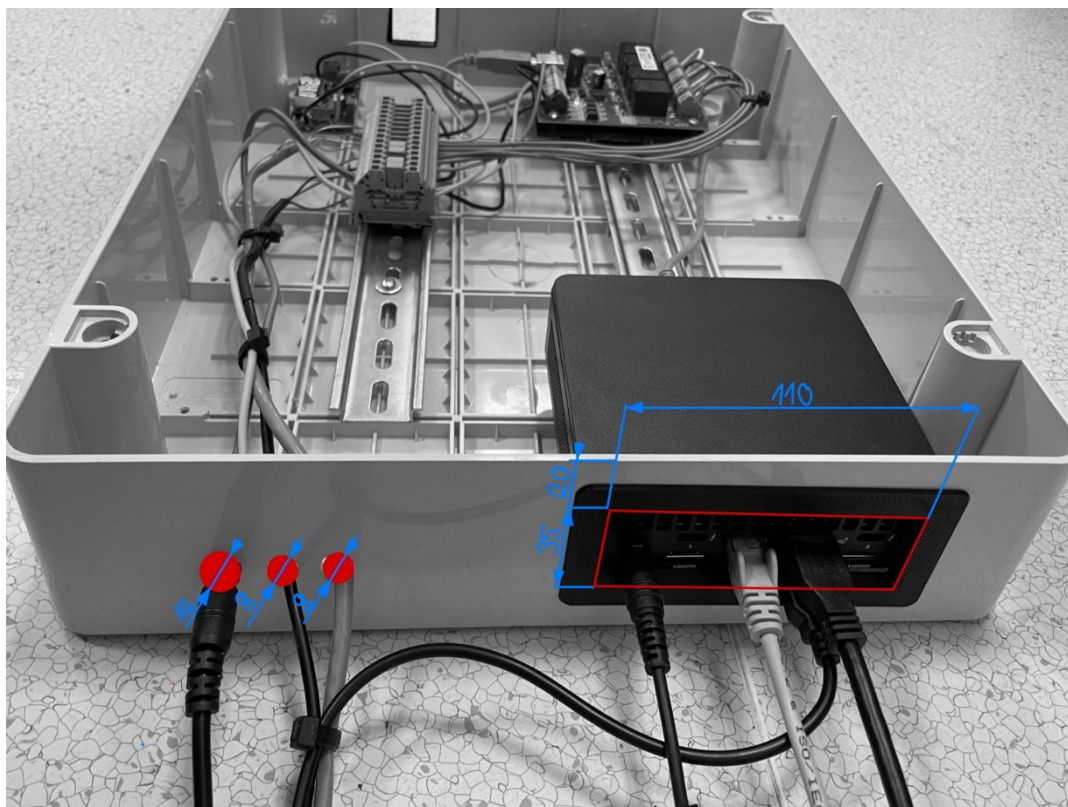
B.1 Sloupek 1



B.2 Sloupek 2



B.3 Instalační krabice



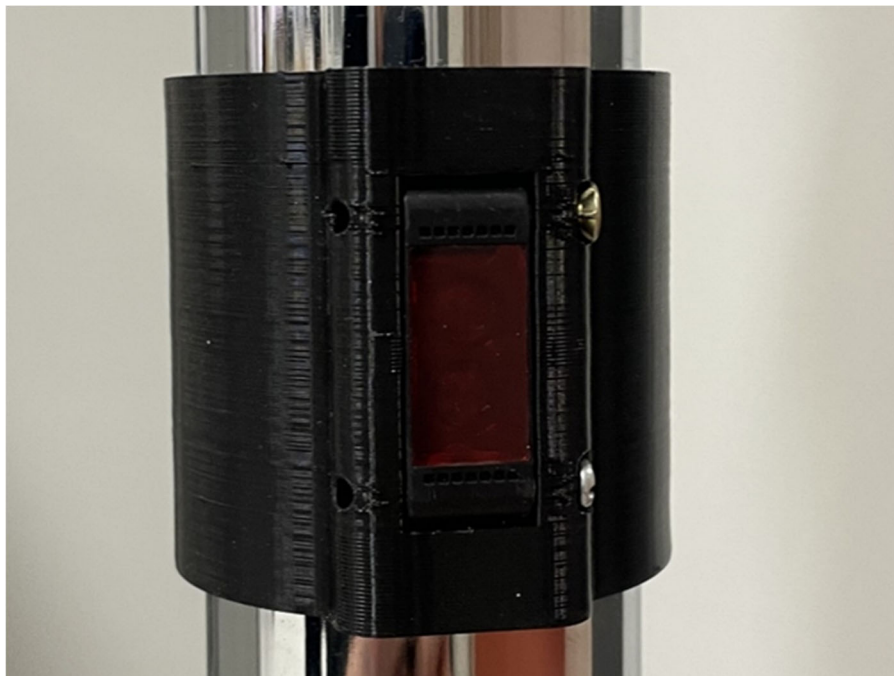
Příloha C - Seznam komponentů

C.1 Tabulka komponentů

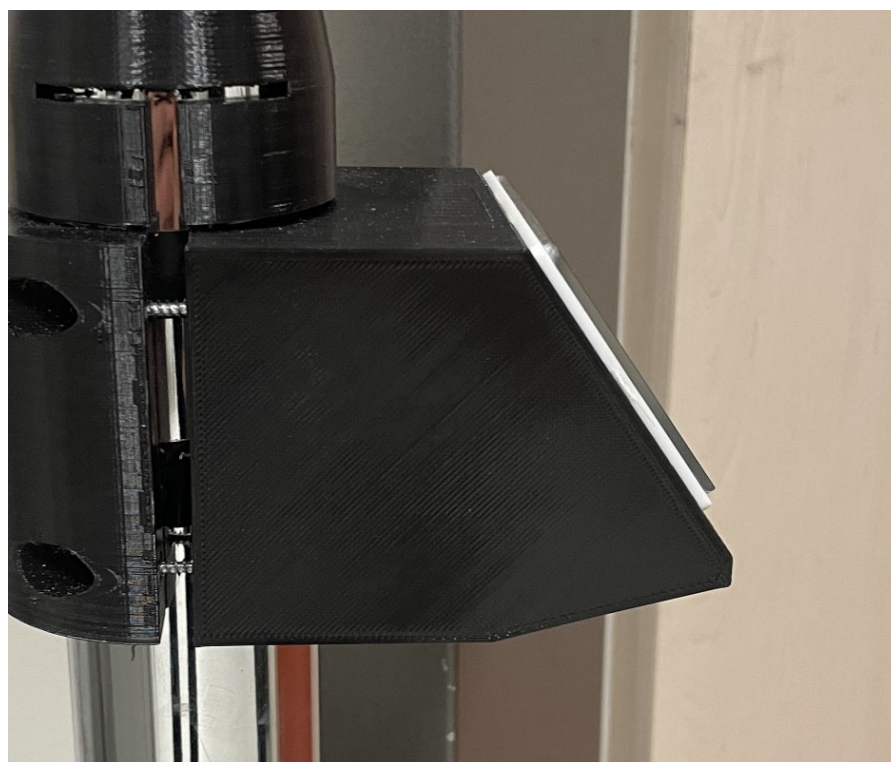
Název zařízení	Kusů	Cena [Kč]
Krabice GEWISS GW44410 396 × 316 × 128 mm [32]	1	1 951,50
Lišta DIN; TS35, 1 m [38]	1	50,34
ASUS NUC 12 Pro, černá [27]	1	15 690
Samsung 980 250 GB (SSD disk M.2) [42]	1	1 190
Patriot 8 GB DDR4 3200 MHz CL22 [40]	1	516
Svorkovnice na lištu DIN Term Block [39]	15	31,07
Modul DC/DC měnič step-up 5–35 V/4 A [34]	1	125
Quido USB 4/4: 4 vstupy, 4 výstupy a teploměr [36]	1	2 340
Čtečka PAR-QM11 1.0 White [33]	1	6 271
TRU COMPONENTS signální sloupek TC-9539296 [37]	1	719
TRU COMPONENTS Retroreflective TC-9417220 [41]	1	1 250
3D Time of Flight (ToF) USB Camera [35]	1	16 776
Upevňovací adaptér na DIN lištu TS35 šedý WAGO	4	-
Dráty (UTP, jednotlivé)	1	-
Kabel USB-A (samec) to USB-B (samec) (0.5 m)	1	-
Prodlužovací kabel USB-A (2 m)	1	-
Zdroj 12 V	1	-
Ocelový sloupek	2	-

Příloha D - Seznam výtisků

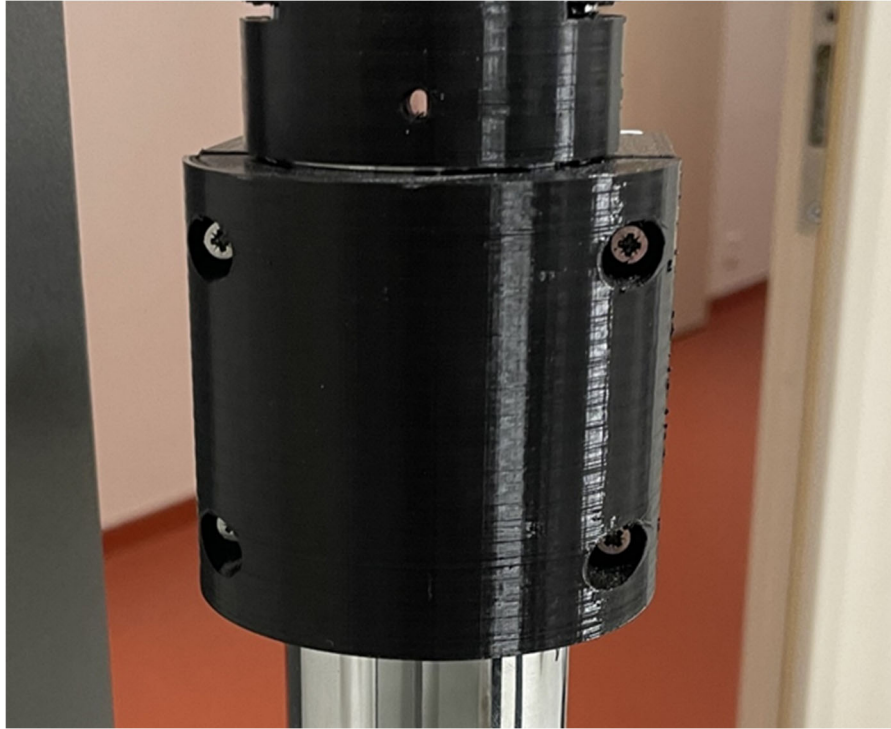
D.1 Pro upevnění fotoelektrického senzoru



D.2 Pro upevnění čtečky karet



D.3 Protikus k 2. výtisku



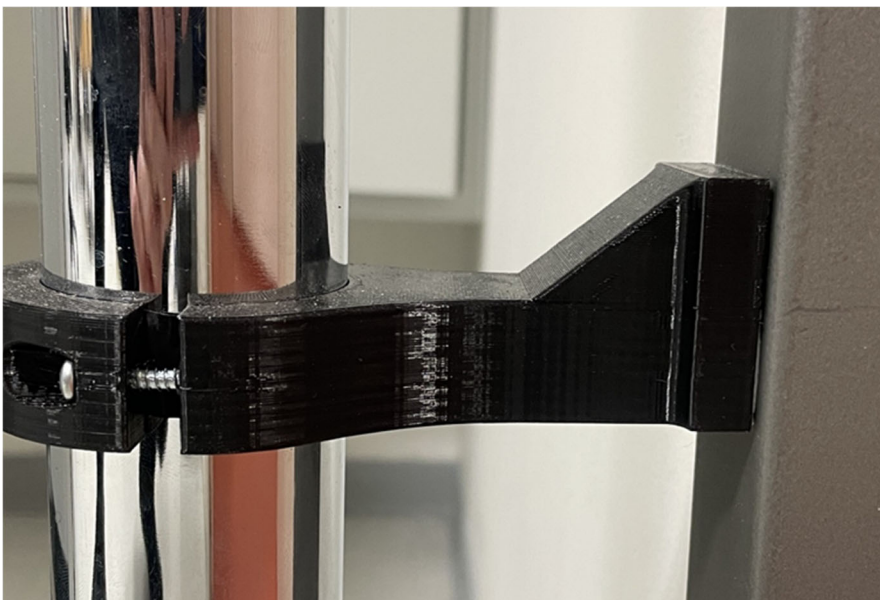
D.4 Pro upevnění signálního sloupku



D.5 Pro upevnění odrazového reflektor



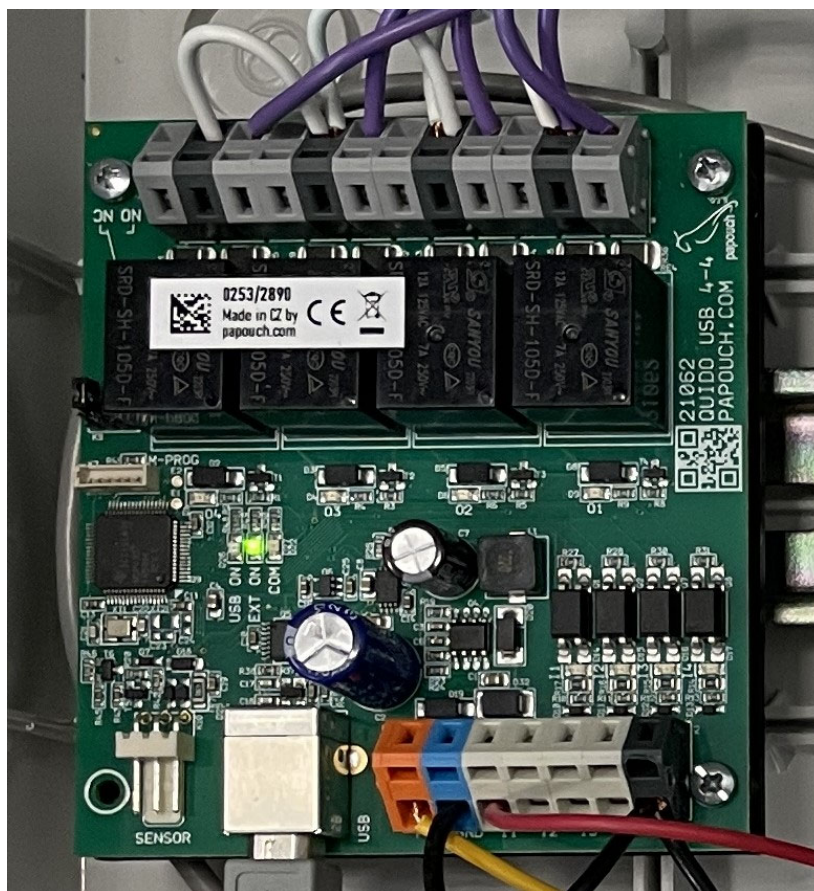
D.6 Přichycení kovového sloupku zdi



D.7 Protikus k 6. výtisku



D.8 Přichycení Quida



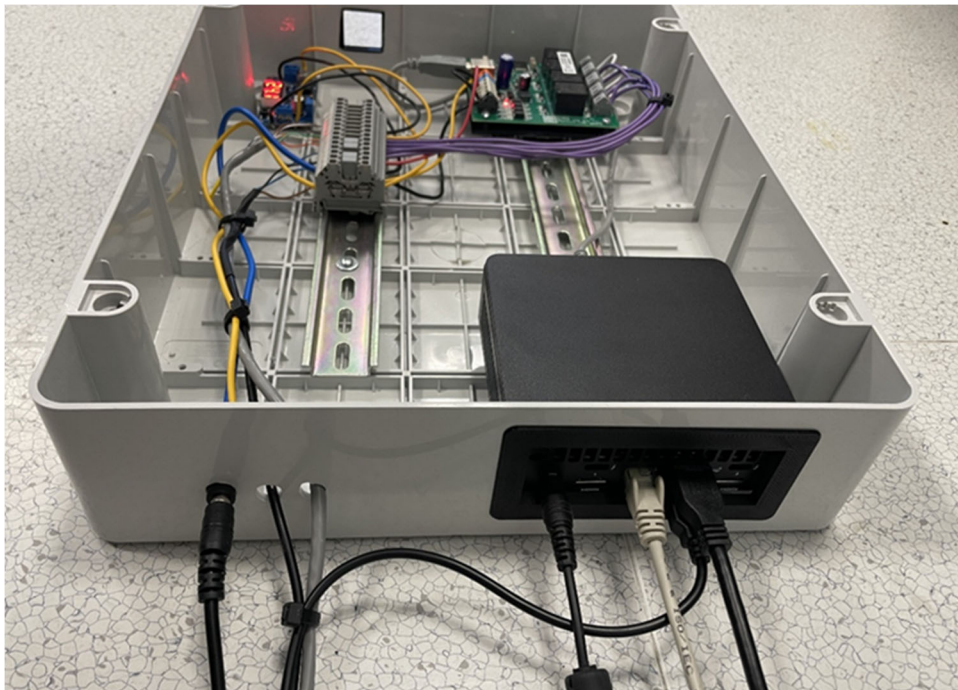
Příloha E - Výsledky testů jsou uloženy na flash disku

**Příloha F - Elektrotechnické schéma je uloženo
na flash disku**

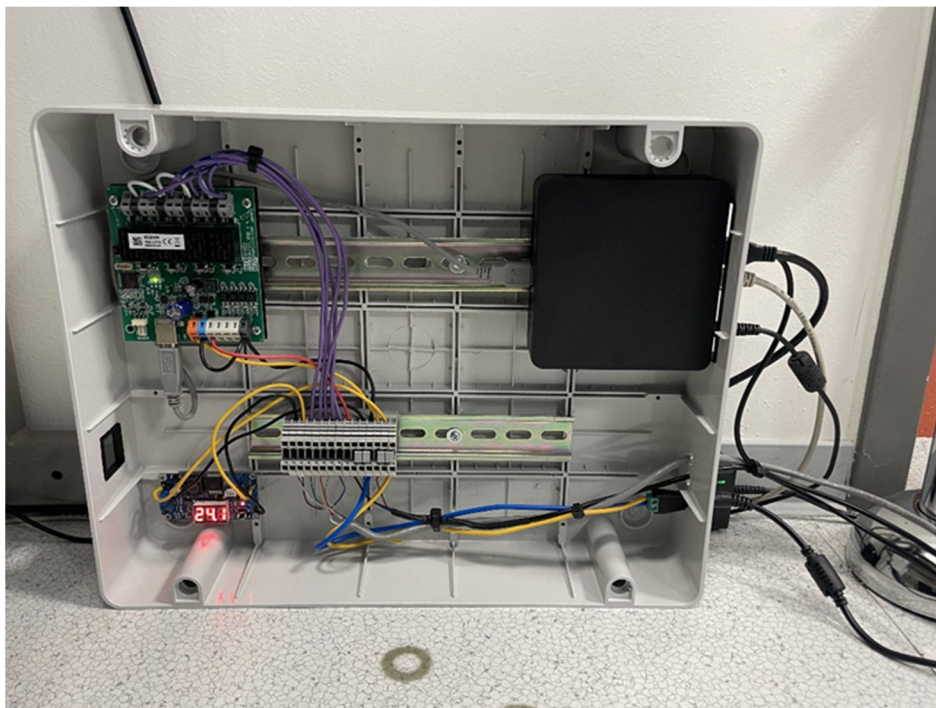
Příloha G - Zdrojové kódy programů jsou uloženy na flash disku

Příloha H - Fotodokumentace

H.1 Instalační krabice



H.2 Instalační krabice



H.3 Sloupek 2



H.4 Sloupek 1 s instalační krabicí



H.5 Celkové řešení

