

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra měření

Měření pozice průstřelu v dynamickém promítaném terči

Veselý Václav

Školitel: prof. Ing. Jan Holub, Ph.D.
Květen 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Veselý** Jméno: **Václav** Osobní číslo: **420058**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra měření**
Studijní program: **Kybernetika a robotika**
Studijní obor: **Kybernetika a robotika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Měření pozice průstřelu v dynamickém promítaném terči

Název diplomové práce anglicky:

Measurement of projectile position in dynamic projected target

Pokyny pro vypracování:

Na základě rešerše a konzultace s odborníky z praxe navrhnete řešení umožňující vyhodnotit zásah vizuálně proměnného terče (video záznam), po výstřelu z palné zbraně různé ráže. K tomuto účelu využijte vhodný typ optického senzoru. Navrhnete a sestavte funkční vzorek zařízení včetně vlastního terče.

Vytvořte aplikaci pro mobilní zařízení dovolující ovládání systému a zobrazení výsledků. Výsledkem bude sada anotovaných snímků z videoterče, kdy každému výstřelu bude odpovídat jeden snímek. Ve snímku bude vyznačena pozice zásahu či informace o nezasazení, se statistickým zpracováním série.

Demonstrujte přesnost systému srovnáním míst skutečných průstřelů s vygenerovanými výsledkovými snímky.

Seznam doporučené literatury:

- 1) Johnson, R.F., 2001. Statistical measures of marksmanship. ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA MILITARY PERFORMANCEDIV.
- 2) P. R. Aryan, "Vision based automatic target scoring system for mobile shooting range," 2012 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), Depok, West Java, Indonesia, 2012, pp. 325-329.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. Jan Holub, Ph.D. katedra měření FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **17.02.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2023**

Platnost zadání diplomové práce:

do konce letního semestru 2023/2024

prof. Ing. Jan Holub, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji panu prof. Ing. Janu Holubovi, Ph.D., který se nezalekl předloženého tématu a se vstřícným přístupem vedl tuto práci. Další poděkování patří doc. Ing. Janu Fischerovi, CSc., za trpělivé rady ohledně videometrie. Také bych rád poděkoval Ing. Viktoru Walterovi za nasměrování správnou cestou. A v neposlední řadě rodině a přátelům za celkovou podporu.

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze, květen 2023

"I declare that this work is all my own work and I have cited all sources I have used in the bibliography in accordance with the Methodological Instruction on observance of ethical principles in the preparation of university theses."

Prague, May, 2023

.....

Abstrakt

Práce se zabývá vývojem zařízení pro pokročilý střelecký výcvik. Tento systém by měl co nejvíce přenést podmínky z reálného světa na uzavřenou střelnici. Tak, aby byl svými vlastnostmi vhodný jak pro použití ozbrojenými složkami při tréninku vlastních postupů, tak pro rozšířený trénink bezpečné manipulace se zbraní pro civilisty. Svou cenou a fyzickými propozicemi by měl být dostupný i pro střelnice, které nejsou vybaveny více střelišti a není možné využít jednu celou místnost pro zabudování podobných "zařízení".

Svou koncepcí by mohl být vhodný i k použití na jednotlivých stavech, bez omezení okolního provozu. Hardware i software tohoto systému je koncipován tak, aby byl schopný jednoduchého rozšíření o další vhodné vlastnosti plynoucí z postupně rostoucích požadavků jeho uživatelů.

Klíčová slova: strojové vidění, video terč, střelnice, průstřel, Raspberry Pi

Školitel: prof.Ing.JanHolub,Ph.D.
B3-73, Technická 2, Praha

Abstract

This thesis deals with the development of equipment for advanced shooting training. This system should bring real-world conditions to a closed range as much as possible. So that its properties make it suitable for use by armed forces when training their own procedures, as well as for extended training in the safe handling of handgun for civilians. Due to its price and physical propositions, it should be available even for shooting ranges that are not equipped with multiple shooting ranges and it is not possible to use one whole room for the installation of similar "devices".

With its concept, it could also be suitable for use on individual estates, without limiting the surrounding traffic. The hardware and software of this system is designed in such a way that it can be easily expanded with other suitable features resulting from the gradual increasing with the requirements of its users.

Keywords: machine vision, dark point finder, video target, bullet hole, Raspberry Pi

Title translation: Measurement of projectile position in dynamic projected target

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Kategorie střelby	2
1.1.1 Sportovní střelba	2
1.1.2 Rekreační střelba	2
1.1.3 Obranná střelba	2
1.1.4 cvičení postřehu	3
1.1.5 Využití video střelnice	3
2 Koncepte vlastního řešení	7
2.1 Princip funkčnosti audio-video střelnice	7
2.2 Metoda automatického vyhodnocení	9
2.2.1 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici za terčem	10
2.2.2 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici za terčem s difúzní plochou	14
2.2.3 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici před terčem	15
2.3 Použité komponenty	17
2.3.1 Raspberry Pi Camera 3 Noir	18
2.3.2 Raspberry Pi v. 4 B	20
2.3.3 Displej	22
2.3.4 IR světelný zdroj	22
2.3.5 Data projektor Optoma PK320	23
2.3.6 Data projektor Benq MH550	24
2.3.7 Bezpečný vypínač pro Raspberry Pi	24
2.3.8 Bluetooth modul	24
2.3.9 Rám s nosičem střeleckého terče	27
2.3.10 Napájecí zdroje	28
3 Struktura a konstrukce Řídící jednotky	31
4 Algoritmus a měřicí cyklus	35
4.1 Kalibrace	37
4.2 offset mikrofону	38
4.3 Úprava obrazu a nastavení kamery	38
5 Ovládání programu	43
6 Video-terče	47
7 Závěr	51
Literatura	57

Obrázky

1.1 Ukázka palné zbraně CZ-75	1	2.17 Konkurenční zařízení jiného výrobce.	22
1.2 Různé druhy terčů [3]	4	2.18 použitý typ displeje	23
1.3 FX zbraň Glock-17, odpovídající Munice 9 mm a 556-MMR	5	2.19 Vypínací modul s tlačítkem vyvedeným na čelo krabice	24
1.4 Ne zcela vhodné držení těla, ale obstojné propnutí paží.	5	2.20 Vysílací bluetooth modul.	25
2.1 Znázornění průstřelu na obrázku z videa s reálnými figuranty.	8	2.21 schéma zapojení reléového modulu.	25
2.2 Druhy nábojů [11]	9	2.22 Fyzický relé modul před zabudováním.	26
2.3 Světelné spektrum [2].	10	2.23 Mini USB mikrofon Seed Studio	26
2.4 Koncepce systému s IR zářičem za promítací plochou. 1-pozice střelce, 2-kamera, 3-dataprojektor, 4-IR světelný zdroj, 5-promítací plocha s posuvem, a) světelné paprsky projektoru b) paprsky zářiče	11	2.24 Funkční vzorek posuvného terče	27
2.5 a,b,c,d) různé možnosti šíření paprsků IR zdroje	12	2.25 Detail vyřešeného pohonu.	28
2.6 První pokusy s násvitím zpoza terče. Zásahy projektilu ráže 9mm.	13	2.26 Elektrické zdroje [8]	28
2.7 Různá pozice světla za terčem. a) paprsek, který prošel ke kameře, b) paprsek, který ke kameře neprošel, 6-tato rána nebude zvýrazněna.	14	2.27 Kompletně osazená výkonová část zařízení.	29
2.8 7-Difuzní clona, a) paprsek plochou rozptýlený po okolí.	14	3.1 Blokové schéma hlavní části systému	31
2.9 Ukázka použití osvitů ze zadní části s difuzní clonou. A vyznačenými neosvětlenými ranami.	15	3.2 Ukázka zabudovaného zařízení.	32
2.10 Koncepce terče s osvitovou lampou před terčem, a) paprsek projektoru, b) odražený paprsek od plátna směrem ke kameře, c) paprsek, který prošel dírou.	16	3.3 Porovnání běžného konektoru-A, a flex DIY HDMI konektoru-B	33
2.11 Obrázek zachycen kamerou při použití světelných panelů vpředu.	17	4.1 Diagram měřicího algoritmu.	36
2.12 Ukázka zachycení obrazu kamerou s Infračerveným filtrem.	18	4.2 Kalibrační obrazec	38
2.13 Kamera Rpi3 Noir ve vlastním pouzdře s HDMI vývodem.	19	4.3 Původní vyfocený obraz z kamery přesvícené IR světelným zdrojem.	39
2.14 Spektrální citlivost kamery Rpi3 Noir	19	4.4 Příklad špatně nastavené prahové detekce.	39
2.15 Raspberry Pi ver. 4B, s 8 GB RAM [[13]].	20	4.5 Černobílí obrázek s jasně viditelnými body.	40
2.16 Konektory pro periferie, [12].	21	4.6 Detekované a vyznačené průstřely v obrázku z kamery.	40
		5.1 Detekované a vyznačené průstřely v obrázku z kamery.	43
		5.2 Krabice s vnitřnostmi.	45
		5.3 Krabice.	46
		6.1 Ukázka videa „náhodně promítané obrazce“	47
		6.2 Ukázka videa „potyčka s dítětem“	48
		6.3 Ukázka z videa „Neidentifikovaný útočník“	49
		7.1 Postřehové tlačítko.	51
		7.2 Testování ve stísněných podmínkách.	52

Tabulky

7.3 Generovaný snímek z videa.	52
7.4 Generovaný snímek z videa.	53
7.5 Obrázek 20. Mechanický terč, 1-neprůstřelný kryt, 2-ovládání shrnovací podložky, 3-shrnovací podložka	53
7.6 Obrázek 21. Mechanický terč s roztaženou nanášecí podložkou ...	54
7.7 Obrázek 22. Mechanický terč, 1-nanesená vrstva materiálu, 2-shrnovací podložka, 3-nanášecí stěrka s tryskami pro dávkování hmoty.	54
7.8 Obrázek 23. Mechanický terč, s nanesenou terčovou plochou a již shrnutou podpůrnou stěnou.	55

Kapitola 1

Úvod

Střelná zbraň, většinou palného charakteru, je nedílnou součástí široké skupiny bezpečnostních složek a jiných subjektů, které ji využívají během výkonu své profese. V neposlední řadě je také ve vlastnictví nezanedbatelné části civilistů, ať už pro účely sportovní, sběratelské nebo pro ochranu zdraví a majetku. Z toho důvodu je důležité věnovat pozornost bezpečné manipulaci se zbraní a tréninkem tuto dovednost ukotvit v přirozenosti obsluhy. Stejně tak podstatné je striktní dodržování nejvyšší míry zodpovědnosti, pozornosti a legislativy. Tím je možné alespoň minimalizovat riziko vzniku následků, které by mohli plynout z nedodržení či zanedbání těchto zásad. Trénink výše zmíněného je sestaven podle metod, které jsou vytvářeny a vybírány přímo na základě účelu využití ať už samonabíjecí pistole, lovecké brokovnice nebo malorážní pušky pro sportovní střelbu (Obrázek 1.1). Nicméně základy jsou společné a vycházejí ze stejných pravidel. Mimo tato pravidla, je pro dokonalé ovládnutí palné zbraně, nutné znát i její samotný funkční princip. A mechanické vlastnosti. Poté je to většinou již pouze o cvičení a střelbě samotné.



Obrázek 1.1: Ukázka palné zbraně CZ-75

Přestože je držení střelné zbraně upraveno zákonem a je tedy podmíněno vlastnictvím platného zbrojního průkazu, příp. průkazu zbraně. Je možné, že

se k ní dostanou i lidé bez tohoto oprávnění. Pomineme-li nelegální držení a důvody k tomu vedoucí. Je tomu častým jevem právě ve sportovní sféře. Samozřejmostí jsou i výjimky při zmíněném výkonu povolání, kdy je služební zbraň propůjčena po nezbytně nutnou dobu výkonu služby. I proto je důležité věnovat kvalitnímu výcviku řádnou pozornost.

■ 1.1 Kategorie střelby

I podle druhu jednotlivých zbraní je možné jejich využití rozdělit do základních skupin, těmi jsou, Sportovní, rekreační a střelba v krajním ohrožení života či majetku.

■ 1.1.1 Sportovní střelba

Nejspíše jistý primát má v tomto směru střelba z luku. Protože nejstarší nalezený a dochovaný záznam o soutěži ve střelbě pochází z 15. století před naším letopočtem. Faraon Amenhotep II tehdy dokonce vypsal odměnu pro nejlepšího lukostřelce ze soutěžících vojáků. [[4]] Ovšem je možné se domnívat, že již lidé v pravěku soutěžili například v hodu kamenem na přesnost což by mohlo být takovým základním kamenem pro vývoj celého střeleckého odvětví, které již svou podstatou vzniku naznačuje, že šlo o jednodušší cestu k přežití. Nebo naopak..

Sportovní střelba dnes představuje vrcholový sport s jasně ucelenou strukturou a jednoznačnými mezinárodními pravidly. A stává se celosvětovým fenoménem. V dnešní době se již i celkem úzce prolíná se střelbou taktickou. Je tomu tak zejména díky mezinárodním asociacím zaštiťující soutěže, těmi jsou například International Defense Pistol Asociation-IDPA, International Practical Shooting Confederation-IPSC, či Evropský Policejní parkur-EPP.

■ 1.1.2 Rekreační střelba

Při odpočinkové střelbě se jedná pouze o zážitek z vlastní střelby bez velkých ambicí k závatným výsledkům. V tomto odvětví nejsou na odolnost zbraně i střelce kladeny tak vysoké nároky a tedy i z finančního pohledu je rekreační střelba nejlépe dostupnou možností.

■ 1.1.3 Obranná střelba

V této práci se budeme zabývat výhradně střelbou defenzivního charakteru. Obranná střelba komplexně pokrývá obě dvě předchozí kategorie, protože jak již z názvu vyplývá, soustředí se na ochranu vlastního života. A klade na střelce asi ty největší nároky, jak z hlediska fyzického, tak psychického. Výcvik obranné střelby se často rozděluje do tří fází [[9]], které na sebe navazují a pro pokročení do fáze další musí být člověk dostatečně ztotožněn s fází předchozí. *Fáze 1*-je společná i všem předchozím kategoriím, protože obsahuje zejména zafixování bezpečnostních zásad, dostatečné ovládnutí mířené střelby a v

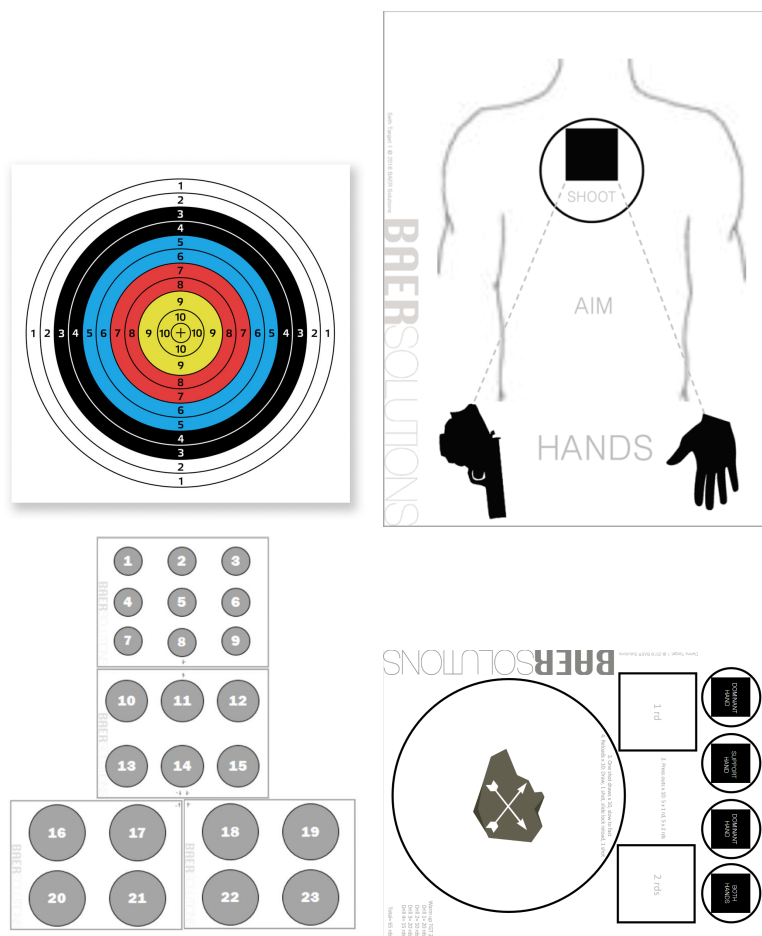
neposlední řadě bezpečné ovládnutí zbraně samotné. Bez těchto návyků není možné postupovat výše. *Fáze 2*-klade již pokročilejší nároky na manipulaci se zbraní, jako je například, správné tasení, natažení zbraně, napichování. Z určitého hlediska už se v této fázi střelec snaží nasimulovat alespoň nějakým způsobem reálné podmínky. Například fyzickým cvičením před střelbou nebo psychickým nátlakem. Nadřazeným názvem těmto jednotlivým cvičením může být pojem dynamická střelba. Které se využívá právě při zmiňovaných disciplínách IPSC atd. *Fáze 3*-je tréninkovou konfrontací s další osobou. S oblibou se často říká „těžko na cvičišti, lehký na bojišti“, nicméně u obranné střelby, podle mě, hraje největší roli moment překvapení a to, že soupeř využije své příležitosti maximálně možným způsobem. Tedy nejlépe útokem ze zálohy, proti kterému se těžko může bránit profesionální střelec, natož pak začátečník. Jen vytrvalým tréninkem v co nejreálnějších situacích si obránce může získat alespoň nějakou šanci na úspěšnou defenzivu. Ve většině publikací je psáno, že případný konflikt nastává ve vzdálenosti do pár metrů. K tomu je zajímavé cvičení, po kterém si téměř každý uvědomí, jak je důležité zbraň efektivně ovládat.

■ 1.1.4 cvičení postřehu

střelec stojí čelem k bezpečnému prostoru střelnice se zbraní v pouzdře. Domnělý výtržník je svými zády opřen o záda střelce. Ve chvíli kdy dozor zahlásí povel k tasení, pachatel začne utíkat směrem od střelce. Střelec tasí a střílí nejlépe na kovového poppra. Ve chvíli, kdy výtržník uslyší cinknutí střely o terč zastaví se a čeká. Střelec zajistí zbraň a podívá se jak daleko výtržník doběhl. Vzdálenost mezi ním a utíkajícím je bezpečnou vzdáleností pro úspěšnou reakci na případné napadení.

■ 1.1.5 Využití video střelnice

Ke všem výše uvedeným disciplínám existuje mnoho rozdílných cvičných terčů (Obrázek 1.2). Ať už to jsou terče pro klasickou mířenou střelbu nebo speciální tréninkové terče pro udržení zorného pole a kadence střelby. Je třeba podotknout, že ochrana sluchu a zraku je samozřejmostí zde, stejně jako v jakýchkoli disciplínách výše. Některé tyto zákonitosti ovšem v reálném prostředí ustupují praktičnosti.



Obrázek 1.2: Různé druhy terčů [3]

Jednou z nejlepších variant tréninku *Fáze 3* je použití takzvaných FX cvičných zbraních (Obrázek 1.3), které se ovládají a v principu fungují totožně jako klasické zbraně. Rozdíl je však hlavně v použitém střelivu. Jde například o značkovací náboje UFXC, které jsou koncipovány stejně jako náboje ostré, tedy s kuželem nábojnice, zápalkou a hlavně výmetnou náplní. Fungují podobně jako známější paintballové náboje, protože namísto klasické střely obsahují náplň s označovačem. V případě zásahu dojde k rozbití ampule o měkký cíl a tím k jeho označení. Jeden takový náboj je, ale až šestkrát dražší, než konvenční střelivo.



Obrázek 1.3: FX zbraň Glock-17, odpovídající Munice 9 mm a 556-MMR

Proto by video-střelnice mohla být vhodnou a levnější alternativou k takovému tréninku. I v takovém případě se ovšem předpokládá, že je dotyčný skutečně schopný bezpečného a bezchybného ovládnutí pistole, včetně základní techniky střelby. Při manipulaci se zbraní hraje důležitou roli jistota, s jakou jsou jednotlivci schopni jednat, tedy nezpanikařit, adekvátně vyhodnotit situaci a popřípadě co nejefektivněji použít střelnou zbraň. I ke zlepšení těchto dovedností by mohla být video-střelnice nápomocna.

Výše je psáno, že by střelec měl znát základní princip funkčnosti palné zbraně a jejího pracovního mechanismu, nyní se k tomuto vrátíme na příkladu správného postoje a úchopu. Střelec stojí mírně rozkročen s možností vysunutí jedné nohy vpřed. Horní polovina těla je zlehka nakloněna směrem k cíli. Zbraň svírá dlaněmi nejtěsněji možným způsobem a co největší plochou. Obě paže jsou zcela nataženy. Důvod natažených paží vychází právě z funkčního principu většiny poloautomatických pistolí. Protože k plnému přebití zbraně se využívá energie uvolněné při expanzi prachových plynů. Čím více jsou paže uvolněny, tím více tzv. zpětného rázu potřebného k vyhození prázdné patrony, opětovnému nabití a natažení bicího mechanismu, pohltí samotné ruce. A je tedy možné že tento proces přebití vyústí v závadu, například, že závěr nebude dostatečně uzavřen. Proto je propnutí paží a jejich pevnost důležitá (Obrázek 1.4). Stejně jako znalost těchto principů.



Obrázek 1.4: Ne zcela vhodné držení těla, ale obstojné propnutí paží

Mnoho lidí má trpělivost se opakovaným cvičením zdokonalovat v dílčích úkonech, které předcházejí samotnému výstřelu. To je velmi chvályhodné,

bohužel je možné, že až se někteří dostanou ze sterilního prostředí střelnice do reálného světa a připlou se k nějakému konfliktu. Je možné, že u nich dojde k psychickému bloku a dotyčný se nebude schopen bránit, protože není připravený čelit skutečnému subjektu. Nebo naopak bude až přespříliš nabuzen a použije zbraň v neodůvodnitelném okamžiku.

Kapitola 2

Koncepcie vlastního řešení

Jak již bylo řečeno, při tréninku střeleckých situací je žádoucí přenést co nejvíce z reality do relativně bezpečného prostředí střelnice. I když například členové speciálních složek mají lepší psychickou i fyzickou odolnost a praxí jsou již na tyto podmínky adaptováni. Není však na škodu si tyto zkušenosti upevňovat.

Bezpečná manipulace s pistolí je nedílnou součástí práce většiny bezpečnostních složek. Aby bylo dosaženo vysoké úrovně jistoty při používání ruční zbraně v terénu, je nutné při výcviku dosáhnout podmínek, které se co nejvíce blíží reálným. Jednou z dostupných možností je simulace realistického prostředí v uzavřené střelnici pomocí audio-video projekce, která probíhá následovně: Do cílové oblasti se promítá video konkrétní situace. Když se střelec rozhodne, že je to nutné, může střílet na promítaný obraz. Po jeho výstřelu je potřeba vyhodnocení zásahu, ale to je problematické, protože samotný cíl, resp. obraz, se může ihned po výstřelu změnit. Toto vyhodnocení zásahu je hlavním tématem této práce, která by mohla být vhodnou alternativou právě ke cvičení se zmiňovanými FX náboji.

2.1 Princip funkčnosti audio-video střelnice

Podstatou této střelnice je osvitová terčová plocha z klasického bílého papíru navinutého na válcovou roli. Tato čistě bílá plocha funguje jako promítací plátno, na které budou pomocí dataprojektoru promítány vlastní terčové cíle. Může se jednat pouze o statický obraz jakéhokoliv klasického terče, viz výše, nebo se může jednat o sekvenci dynamicky se proměňujících obrazců různé velikosti a barvy. Hlavní výhodou je možnost promítnout střelci jakékoliv video, například speciálně připravený film s předem nasimulovanou scénou z reálného prostředí. Záznam může představovat například přepadení benzinové stanice a pod.

Plátno je v požadované vzdálenosti situováno klasicky přímo před střelcem. Po spuštění obrazu by měl být střelec již ve střelecké připravenosti, ať už se zbraní v podnosu či v pouzdře. Jakmile uzná, že se jedná o vhodnou chvíli, může vystřelit přímo proti promítanému obrazu. Pokud se jedná pouze o statický obrázek, vše probíhá jako na klasické střelnici. Po ukončení střelby je možné přejít k vizuálnímu vyhodnocení zásahů hodnotitelem přímo u terče

a v tomto případě i k fyzickému přelepení jednotlivých průstřelů zálepkami. Výše popsané se mění v případě, že je terčem videosekvence. V tu chvíli by střelec ani případný dohled nebyli schopni rozeznat a zapamatovat si pozice všech ran, tak jak šli po sobě, natož je správně přiřadit k odpovídajícímu obrazu.

Tento problém lze vyřešit automatickou detekcí zásahů. Po ukončení střelby bude možné prezentovat výsledky v podobě jednotlivých fotografií vycházejících z promítaného obsahu. Každá fotografie bude odpovídat jednomu výstřelu, popřípadě zásahu, a bude zobrazovat obraz videa totožný době výstřelu s vyznačenou pozicí tam, kde v tom okamžiku střela prošla promítací plochou. (Obrázek 2.1) Různé komerční systémy využívají rozdílných principů detekce průstřelu od nákladné laserové matice podél celé střelecké plochy až po detekci laserového paprsku, jehož zdroj je připevněn na RIS liště použité zbraně. Tím je však střelnice omezena pouze na vybrané druhy zbraní s možností instalace tohoto zařízení. Laserové foto-detektory jsou spolehlivé, ale více prostorově náročné. Dále například biatlonové terče využívají pro automatické vyhodnocení plochu složenou z tenzometrů.



Obrázek 2.1: Znárodnění průstřelu na obrázku z videa s reálnými figuranty.

Druh a podstata této střelnice na jednom místě školiteli umožňuje připravit vhodný trénink pro rozmanitou skupinu subjektů s naprosto odlišnými požadavky a zkušenostmi. To je dáno tím, že si může střelecký program dopředu vybrat, přizpůsobit a následně s instrukcemi přehrát jednotlivým uživatelům.

Začínající střelci můžou mít adekvátně zvolenou dynamiku změny cíle, jeho typ a strukturu. Stejně tak je možné přizpůsobit velikost, hmotnost a zejména výkon palné zbraně. Pro takový terč je tedy možné použít i střelivo různé ráže, což je důležitým aspektem, protože jiný průměr díry bude po výstřelu z ráže 9 mm a jiný například po malorážkové munici. Hodí se uvést, že ráže je označování nábojů smluvním termínem, nejčastěji používaní systémy metrický a palcový.[10] Metrický údaj znamená označení náboje v mm x délka nábojnice v mm, například 9x19. Příklady různých druhů nábojů jiné ráže je na obrázku 2.2



Obrázek 2.2: Druhy nábojů [11]

2.2 Metoda automatického vyhodnocení

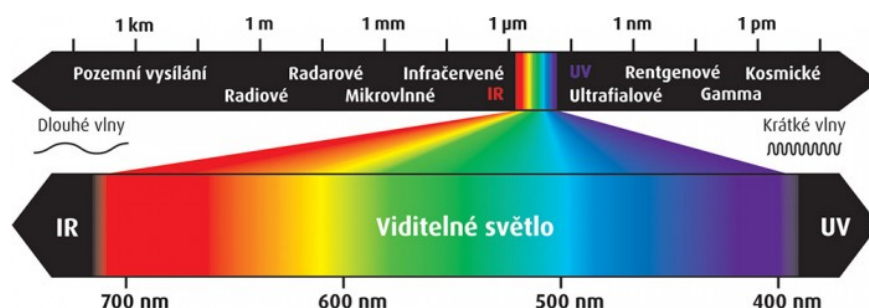
Princip systému automatického vyhodnocení spočívá v použití optického CMOS senzoru zabudovaného v kameře, který po celou dobu zaznamenává střeleckou plochu a obraz přenáší do výpočetní jednotky. V této jednotce při součinné kooperaci s dalšími komponentami dochází k vlastnímu tzv. strojovému vidění, tedy k vyhodnocení obrazu a nalezení ran. Dále je pak provedena transformace souřadnic a zakreslení zásahu do původního snímku. Tato výpočetní jednotka obsluhuje i promítání, posuv plátna a ovládání celého systému.

Existují praktické důvody vedoucí ke snaze co nejvíce výpočetní jednotce ulehčit její práci. Zejména pak při onom zpracování obrazu. Čím méně bude jednotka vytěžována, tím menší bude její energetický odběr, její součásti budou méně namáhány průchodem menších proudů, nebude docházet k takové tepelné zátěži, a tím se zvýší životnost takového zařízení. Jednoduchost procesu nalezení zásahů by dále měla přinášet celkovou plynulost chodu zařízení a menší náchylnost k chybám.

Proto byla vymyšlena strategie, jak zejména jednotlivé rány zvýraznit natolik, aby je bylo možno rozeznat pouze pomocí jednodušších algoritmů, například bez budování a učení rozsáhlé neuronové sítě. Ovšem i tato strategie během vývoje doznala několika obměn plynoucích z fyzikální podstaty problému. Tato kapitola vyhodnotí jednotlivá řešení a popíše celkový funkční princip systému.

Pro snadnější detekci bylo potřeba zvýraznit průstřely v terčovém plátně tak, aby nesplývaly s okolním obrazem, protože k detekci rány dochází na základě optického rozpoznání deformace prostřelené plochy. Je možné vyjít z vlastností použitého optického senzoru a zároveň lidského oka, protože elektronické čidlo i lidský orgán mají rozdílnou citlivost na světelné spektrum. (Obrázek 2.3) Díky tomu je možné díry po střelách prosvítit světelným zdrojem o takové vlnové délce, která není pouhým okem viditelná. Nicméně, zároveň se

jedná o takovou vlnovou délku, kterou je schopný zachytit daný druh senzoru.

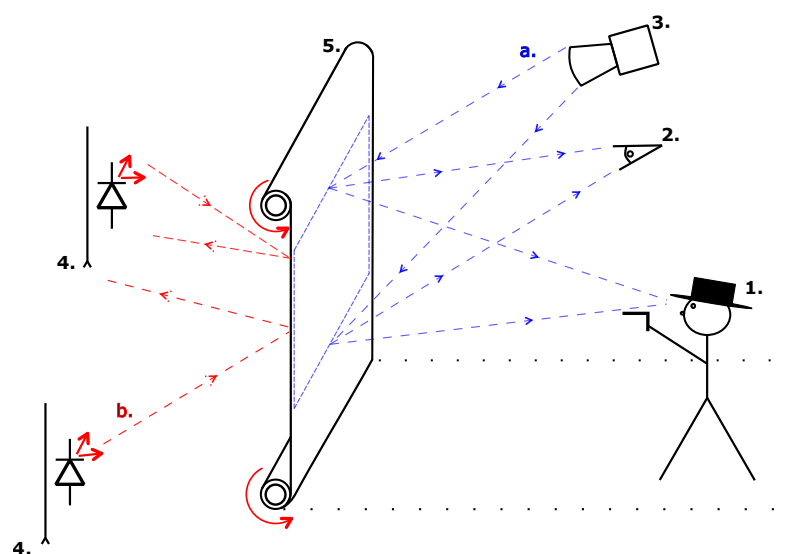


Obrázek 2.3: Světelné spektrum [2].

Světelné zdroje vyhovující těmto podmínkám připadají v úvahu dva. Zdroj vyzařující paprsky v Ultrafialovém-UV spektru a zdroje vyzařující v Infračerveném-IR spektru. Oba mají své výhody použití. Například výzkum navigace dronů pomocí světla se zabývá převážně UV spektrem, protože jsou v přírodních podmínkách méně pohlcovány a rušeny okolním prostředím [14]. Nicméně podle studií[6], [5], které jsem dále objevil bych se vzhledem k účinnosti UV paprsků na lidské tělo přikláněl spíše k bezpečnějšímu IR spektru záření. Také na základě faktu, že střelnice většinou bývají situovány v temnějším prostředí, nemusíme se tolik zaobírat útlumem a rušením, jako kdybychom střelnici provozovali na denním světle.

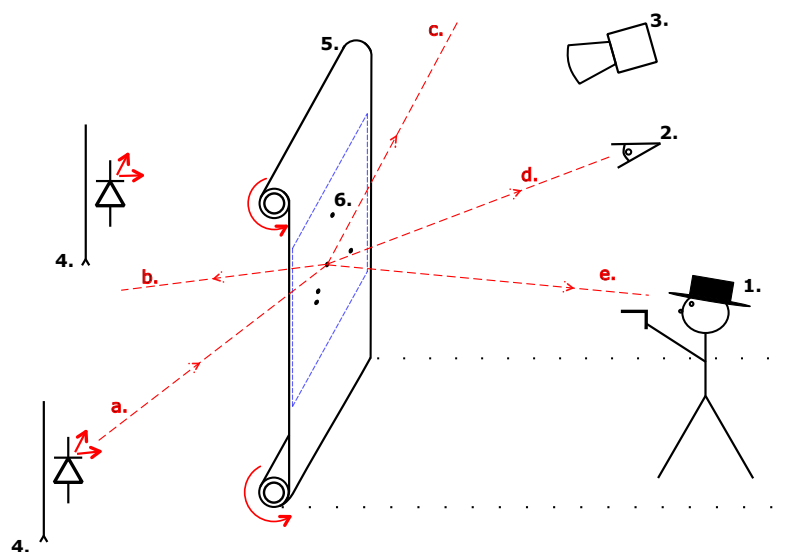
2.2.1 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici za terčem

V prvotní verzi návrhu této struktury jsem se intuitivně zaměřil právě na zvýraznění bodů průstřelu. Toho bylo docíleno umístěním IR světelného zdroje za terčovou plochu. Emitovaný paprsek při počáteční kompaktnosti povrchu plátna neprošel skrz něj a neovlivňoval obraz dopadající na optiku kamery. (Obrázek 2.4).



Obrázek 2.4: Koncepce systému s IR zářičem za promítací plochou. 1-pozice střelce, 2-kamera, 3-dataprojektor, 4-IR světelný zdroj, 5-promítací plocha s posuvem, a) světelné paprsky projektoru b) paprsky zářiče

Kamera v tu chvíli zaznamenávala celou plochu terče, včetně obrazu šířeného z promítačky. Ve chvíli, kdy došlo k výstřelu a zároveň střela trefila terč, vytvořila ránu, kterou záření mohlo projít (Obrázek 2.5), přestože bylo utlumeno o ohyb a odraz na plátně. Tento paprsek dopadl i na čip senzoru a díky intenzitě a soustředěnosti světelného výkonu, vytvořil v obraze nejjasnější bod, který reprezentoval průstřel, ale zároveň nijak nerozptyloval soustředěnost střelce. Navíc při optimálním nastavení clony a světelnosti kamery nenarušil ani obraz promítaného terče. Teoreticky by tedy bylo možné, tento obrázek využít přímo pro celkové vyhodnocení s vyznačením aktuálního zásahu.



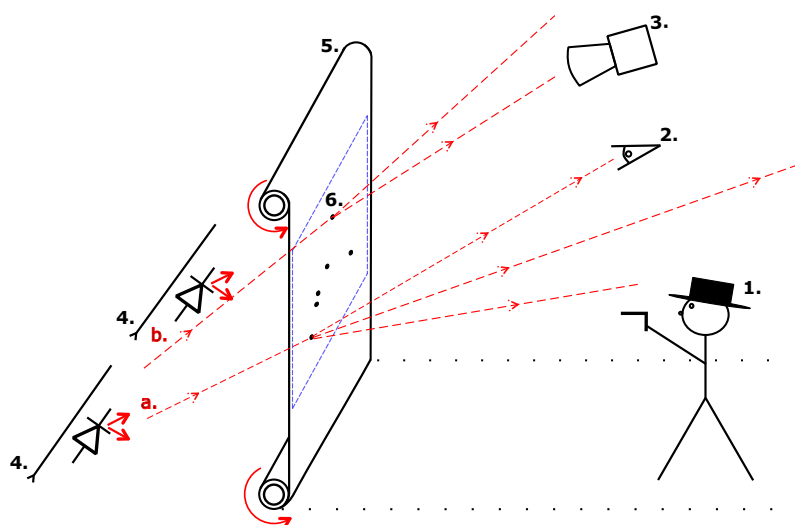
Obrázek 2.5: a,b,c,d) různé možnosti šíření paprsků IR zdroje

V začátcích experimentování byl obraz terče promítaný dataprojektorem nahrazen klasickým terčem. Jednalo se pouze o ověření funkčnosti a v neposlední řadě bylo toto řešení daleko méně transportně náročné. Světlo z dataprojektoru bylo simulováno klasickou LED svítilnou, která byla zepředu namířena na terč. Z toho důvodu, aby bylo možné sledovat změny při různém nastavení parametrů kamery. Z různých pokusů vzešlo několik ilustračních výsledků (Obrázek 2.6), které sice potvrdili funkčnost principu hledání jasných bodů, ale ukázaly i na úskalí takové koncepce.



Obrázek 2.6: První pokusy s násvitím zpoza terče. Zásahy projektilu ráže 9mm.

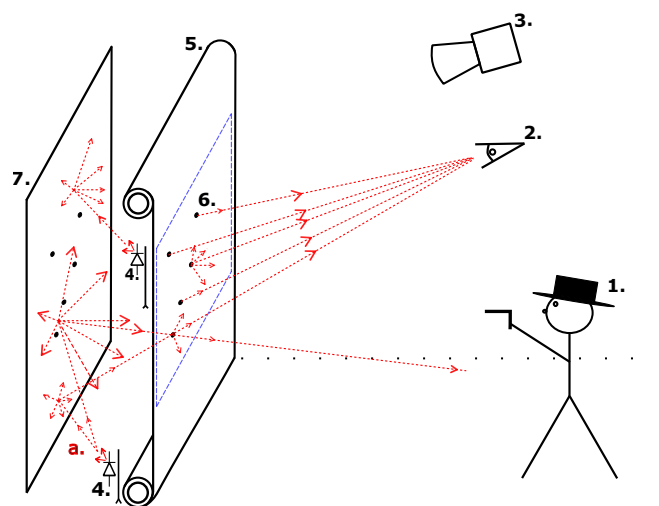
Jak můžeme vidět i z tohoto obrázku 2.6, v jeho spodní části je bod, který není tak intenzivní. Narážíme zde na skutečnost, že paprsky z druhé strany plátna nemusí vždy projít přímo k čipu kamery, i když se zdá, že kamera i zdroj světla, jsou vzájemně umístěny v takové kompozici, že by k tomuto efektu nemělo dojít. Problém vznikal, i když došlo k osvitu po téměř celé spodní ploše terče, (Obrázek 2.7). Vzhledem k tomu, že střelba bude probíhat ostrými náboji, je nutné všechny komponenty řetězce situovat nejlépe tak, aby nedošlo k jejich zásahu a celkovému zničení. V podstatě nesmí být před střelcem, resp před a za promítaným terčem, což je patrné i z ilustračních obrázků. Proto po dalším experimentování a nastavování jsem došel k závěru, že k tomu, aby tato konfigurace byla funkční, musela by se vzdálenost zdroje světla od plátna limitně blížit k nekonečnu.



Obrázek 2.7: Různá pozice světla za terčem. a) paprsek, který prošel ke kameře, b) paprsek, který ke kameře neprošel, 6-tato rána nebude zvýrazněna.

2.2.2 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici za terčem s difúzní plochou

Řešením problému ztráty osvitů ran na některých pozicích může být využití difúzního odrazu. Znamená to, že použijeme difúzní osvitovou plochu k rozptýlení IR světelných paprsků po celé zadní ploše terče. Světelné zdroje by tak zůstaly opět za terčem, ale v určité vzdálenosti od nich by se rozvinul ještě jeden bílý papír (Obrázek 2.8) a orientace světla by se otočila o 180°C tak, aby směřovala na nově vzniklou plochu.



Obrázek 2.8: 7-Difuzní clona, a) paprsek plochou rozptýlený po okolí

S touto komponentou by již byl systém zcela funkční, viz (Obrázek 2.9). Světelné paprsky byly optimálně rozptýleny po celé ploše dokonce i za použití jediného IR LED panelu. Záměrně není obrázek ořezán, aby bylo možné získat lepší představu, o jak rozměrnou plochu se jedná. Naopak jsou v obrázku 2.9 vyznačeny dvě rány, které jsou stále skryty. To je dáno tím, že přímo před nimi je umístěna konstrukce světla, která je tak zastiňuje.



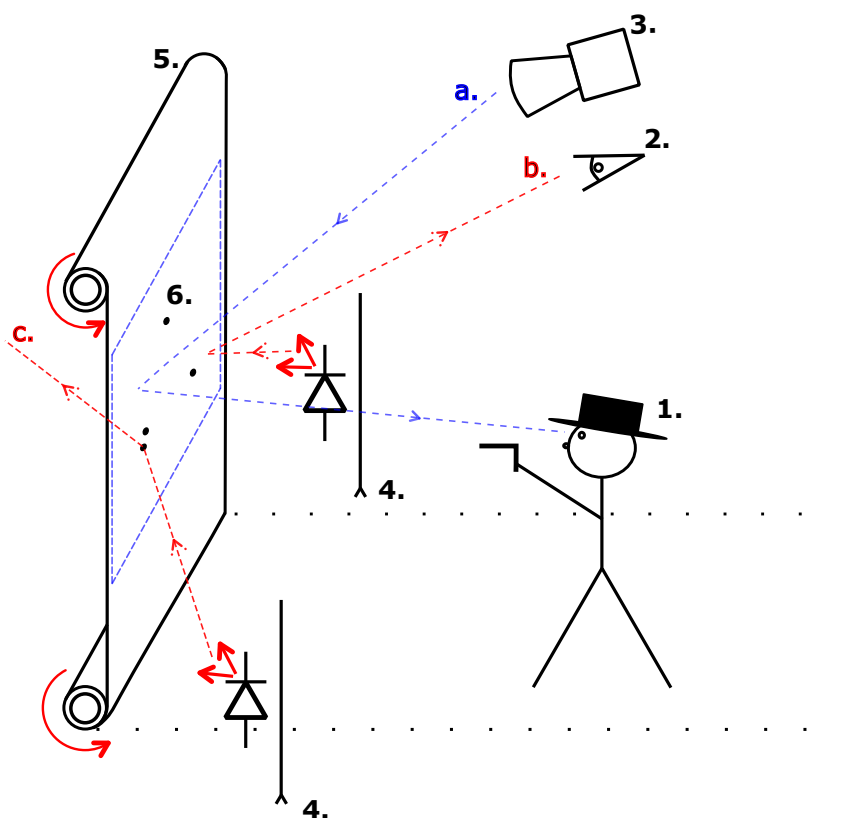
Obrázek 2.9: Ukázka použití osvětlení ze zadní části s difuzní clonou. A vyznačenými neosvětlenými ranami.

Nesmíme zapomenout, že nejen terčovou plochou, ale i touto difuzní protiplochou projektil snadno projde skrz, jedná-li se v tomto případě o stejný druh papíru. Na funkci to do jisté míry vliv nemá, protože rozptýl paprsků je natolik znatelný, aby každou dírou alespoň nějaký prošel. Nicméně po určité době by nutně muselo dojít k výměně i této komponenty, což je celkem vysoký hendikep, protože dochází ke zvýšení celkové konstrukční složitosti základny. Navíc jsou také kladeny, zejména na obsluhu, vyšší nároky na údržbu. Proto se jako výhodnější řešení nakonec jevila změna strategie jak z hlediska konstrukce tak softwaru.

■ 2.2.3 Měřicí řetězec s využitím IR zářiče v pozici před terčem

Nasadě je řešení konceptu invertovat. Z úlohy, kdy se hledaly výrazně světlejší body na barevném pozadí, vytvořit úlohu hledání tmavých bodů na, v nejlepším případě, celistvě bílém povrchu. Toho je možné dosáhnout přesunutím světelných lamp zpoza terče do přední části a osvětit plátno jejich naměřením stejným směrem jako projektor. Ovšem je nutné použít vyšší jas a docílit

rovnoměrného dopadu IR paprsků na cílovou plochu. IR světlo se po dopadu na plochu opět rozptýlí a odrazí i směrem ke kameře. (Obrázek 2.10) Jak již bylo napsáno, vzhledem k výběru světelného spektra zářiče se pro střelce ani v tomto případě nic nemění. Stále vidí pouze promítaný obraz. Rozdíl je však u kamery, která je v tomto případě přesvícena a obraz z dataprojektoru pro ni zaniká v intenzivnějším infračerveném světle. Když není přítomný žádný průstřel, výstupem z kamery je pouze bílý obraz. Proto již nebude možné v době výstřelu zachytit celkový snímek, vyznačit na něm aktuální pozici zásahu a reprezentovat jej jako výsledek. Z toho důvodu je nutné upravit softwarové vyhodnocení. Jakmile dojde k průstřelu, v místě, kde se nachází otvor po střele nedojde k odrazu světla, a paprsky projdou skrz papír. Toto místo je kamerou reflektováno skupinou pixelů s nižší intenzitou. Výhodné je, aby plocha za terčem nebyla osvětlena, případně, aby za ní byl ještě nějaký volný prostor, pak by díra po střele měla podobné vlastnosti jako černé těleso, to je důležité z důvodu dostatečné kontrastnosti vůči osvětlené ploše terče.



Obrázek 2.10: Konceptce terče s osvitovou lampou před terčem, a) paprsek projektoru, b) odražený paprsek od plátna směrem ke kameře, c) paprsek, který prošel dírou.

Tento návrh celého mechanismu je prozatím finální a vše bude koncipováno k tomuto rozložení komponentů. Příklad jednoho z prvních snímků po testování je na obrázku 2.11. Jeho prozatím jedinou úpravou je oříznutí.

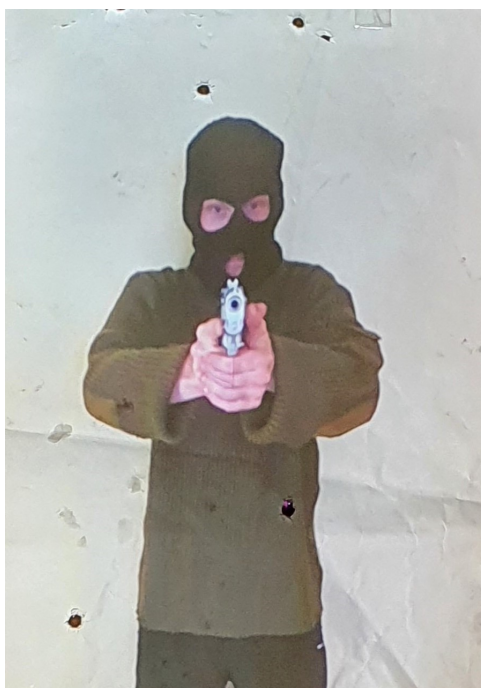


Obrázek 2.11: Obrázek zachycen kamerou při použití světelných panelů vpředu.

I toto řešení má svá úskalí. Jedním z nich může být tzv. slití náboje mezi pixely. Je-li senzor příliš přесvícen, může dojít k přetečení náboje mezi jednotlivými blízkými pixely čipu. Pak by změny v obraze opět nemusely být patrné. Kamera už potom nevidí obraz z dataprojektoru, proto se algoritmus stává o něco složitějším. Protože budeme muset transformovat souřadnice snímku na souřadnice obrazu zachyceného kamerou.

■ 2.3 Použité komponenty

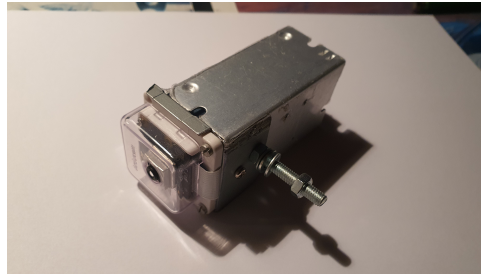
Jedním ze základních prvků tohoto měřicího řetězce je kamera na jejíchž vlastnostech prakticky závisí celé vyhodnocení. Proto je důležité vědět, že většina komerčních čipů je, z důvodu věrohodnějšího podání barev, osazena infračerveným filtrem. Výsledek pokusu s využití takové kamery je vidět na obrázku 2.12. Je jasné, že s takovou kamerou by nebylo možné úlohu řešit zmíněným způsobem, protože kamera se chová, jako kdyby se před ní žádný zdroj světla nenacházel. Výběr kamery proto předurčil použití ostatních součástí.



Obrázek 2.12: Ukázka zachycení obrazu kamerou s Infračerveným filtrem.

■ 2.3.1 Raspberry Pi Camera 3 Noir

Jedná se o originální modul ze 3. série kamer přímo od Raspberry Pi osazený CMOS snímačem Sony IMX708. Tento snímač má vyšší světelnou citlivost a automatické ostření s fázovou detekcí. Podporuje HDR a rozlišení snímků je 11.9 Mpx. Rozlišení samotného snímače je 4608 px × 2592 px s videozáznamem v režimech 1080p50, 720p100 a 480p120. Modul disponuje sériovým datovým rozhraním CSI-2 s dvou vodičovou sériovou komunikací podporující rychlý režim I2C. V mém případě je konektor upraven tak, aby šel napojit na klasický HDMI kabel pro pohodlnější vedení přenosové cesty. HDMI kabel zaručuje i vyšší odolnost oproti CSI flex-kabelu. Nicméně před vstupem do vyhodnocovací jednotky je opět redukce z HDMI na CSI. Jedná se ovšem pouze o fyzickou změnu kabelu, nikoliv přenosového protokolu. Vlastní čip je vsazen do krytu ArduCam a jako celek pro vyšší robustnost zapouzdřen do vlastní krabičky (Obrázek 2.13). Parametry kamery jako je jas a clona jsou plně ovladatelné pomocí knihoven v jazyce python. Kdyby kamera neměla ovladatelné parametry, vždy by si světelnou citlivost upravila automaticky a tím bychom opět přišli o výhodu tohoto konceptu měření. S jednou z takových kamer jsem pracoval ze začátku. Jednalo se o fotopast, u které jsem potlačil denní režim, tak aby fungovala v režimu nočním, v kterém by právě byl IR filtr také vyřazen.

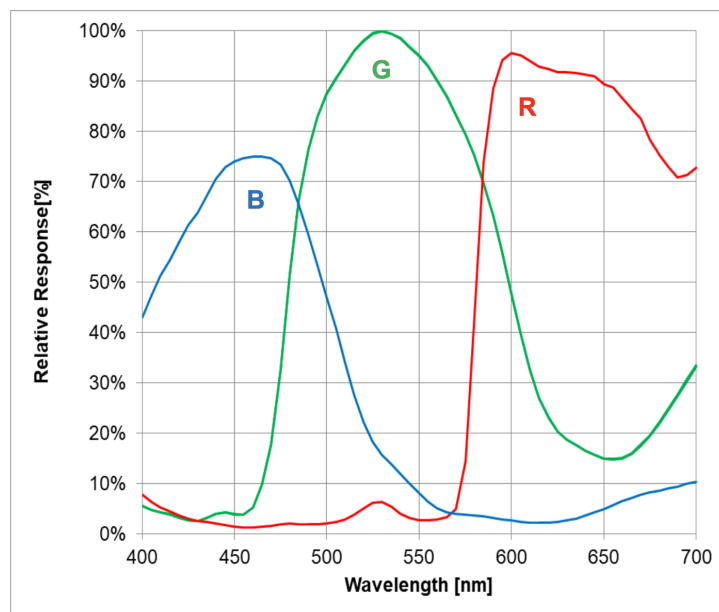


Obrázek 2.13: Kamera Rpi3 Noir ve vlastním pouzdře s HDMI vývodem.

Obecné vlastnosti:

- optická velikost — 1/2.43 ”,
- diagonální, horizontální, vertikální zorné pole — 75°,66°,41°,
- ohnisková vzdálenost — 4.74 mm,
- minimální zaostřovací vzdálenost — 100 mm,
- světelnost-nejdelší ohnisko — 1.8 F.

Bohužel, ještě před pořízením kamery, se mi nepodařilo sehnat lepší obrázek její spektrální citlivosti, než je tento. (Obrázek 2.14)



Obrázek 2.14: Spektrální citlivost kamery Rpi3 Noir

Není z něj zcela jasné, nakolik bude kamera citlivá na zvolený světelný zdroj, proto jsem světlo vybíral až po nákupu kamery, tak abych mohl její citlivost rovnou testovat. Nicméně z useknutého průběhu je vidět, že směrem k 790 nm citlivost roste.

■ 2.3.2 Raspberry Pi v. 4 B

Řídicí jednotkou celé sestavy je klasický jednodeskový počítač opět od Raspberry Pi, dále jen RPi. (Obrázek 2.15) Raspberry Pi byla jedna z prvních společností, která se zabývala převážně vývojem výukových komponent. Tento počítač disponuje čtyřjádrovým procesorem 28 nm technologie ARM cortex-A72 o základní frekvenci 1.5 GHz s možností přetaktování a již i beta 64 bit architekturou. Nejvyšší konfigurace verze 4B s 8 GB paměti RAM typu LPDDR4.



Obrázek 2.15: Raspberry Pi ver. 4B, s 8 GB RAM [[13]]

Velmi důležitou skutečností je použitá nová grafika VideoCore verze VI. s dekodováním **HEVC/H.265**. Ta oproti starším verzím podporuje režim dvou monitorů s připojením přes dva microHDMI porty. To je výhodné, protože nebude nutné použít přepínač mezi promítačkou a servisním monitorem. Operační systém zaštiťující všechny funkce je Raspbian instalovaný na 128 Gb micro SD kartě, která splňuje třídu rychlosti 10 UHS – IU1A1.

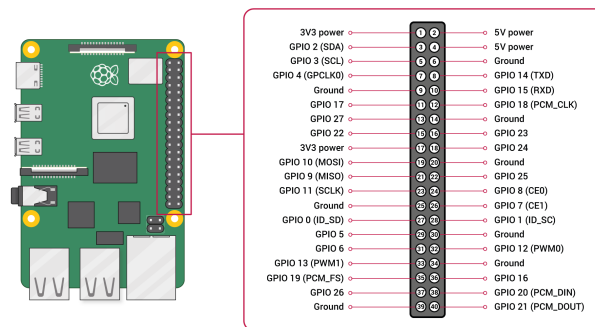
Obecné parametry jsou uvedeny v následujícím seznamu:

- konektivita:
2.4 GHz a 5 GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac Wi-Fi Bluetooth 5.0 (BLE)
Gigabit Ethernet (1000 Mbit/s) 2xUSB 2.0 2xUSB 3.0,
- video a zvuk:
2xmicro HDMI 2.0 (až 4Kp60) MIPI DSI konektor pro připojení displeje

MIPI CSI konektor pro připojení kamery čtyřpólový 3.5 mm jack umožňující jak výstup zvuku (využito), tak kompozitního videa PAL a NTSC (nevyužito),

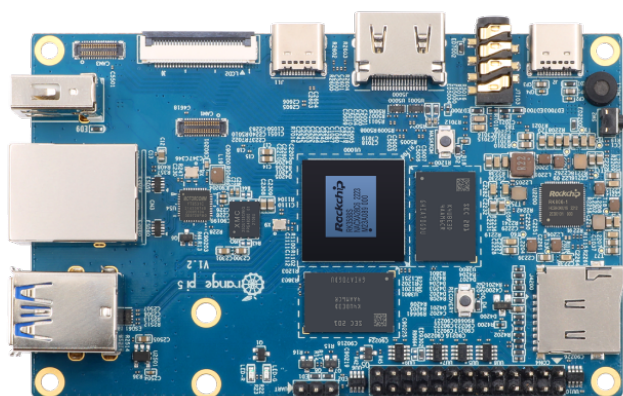
- multimédia:
H.265 (4Kp60 dekodování) H.264 (1080p60 a 1080p30 dekodování) OpenGL ES, 3.0 grafika,
- napájení:
5V DC přes USB-C (dop. 3.5 A) 5V DS přes GPIO header (využito s vlastní úpravou) PoE-napájení přes ethernet.

Místa připojení jednotlivých součástí jsou znázorněno na obrázku 2.16.



Obrázek 2.16: Konektory pro periferie, [12].

Jiné druhy jednodeskových počítačů, i když jsou v dnešní době o něco levnější, nejsou buď dostatečně výkonné nebo nemají dostatečnou konektivitu pro připojení daných periférií. Možným konkurentem Raspberry Pi by mohl být její klon Orange Pi, který je dokonce i o něco výkonnější za udržení srovnatelné ceny. Ten má možnost připojení až tří nezávislých kamer, což je vhodné pro ověření přesnosti, protože by se nemuselo používat externí záznamové zařízení. Ovšem, přínos více kamerových portů není nezbytný, protože se nejedná o běžně využívanou vlastnost. Navíc tyto konektory jsou jiného protokolu a nejsou kompatibilní s Raspberry Pi, ani nabídka kamer není tak široká. Dále je možné předpokládat, že oficiální Rpi bude nabízet širší hardwarovou i softwarovou podporu, než je tomu u konkurence. (Obrázek 2.17)



Obrázek 2.17: Konkurenční zařízení jiného výrobce

Hlavním důvodem využití tohoto počítače byla, mimo výše zmíněné vlastnosti, slibovaná kompatibilita s RPi kamerou bez IR filtru a možnost připojení velkého druhu vlastních či komerčních periférií. K ovládní IR světelných zdrojů, motoru pohonu navíjení a řídicích tlačítek (vnějších softwarových příkazů) je použit výstup GPIO headeru se 40 piny pro dupont kabely. Datum minimální podpory je společností RPi prozatím stanoven do ledna 2031.

■ 2.3.3 Displej

Pro intuitivní obsluhu byl nakonec vybrán dotykový displej zabudovaný do těla řídicí krabice. Jedná se o model Waveshare 5" DSI LCD (B) .

- Rozlišení: 800x480
- kapacitní druh dotyku,
- provozní napětí — 5 V,
- sběrnice I2C,

■ 2.3.4 IR světelný zdroj

Během práce jsem otestoval mnoho světelných LED zdrojů, ať již svým spektrem záření co nejdále od toho viditelného, nebo naopak co nejbližší. Nakonec byly díky svým vlastnostem vybrány vysokovýkonné IR LED Getian GT-P02IR4101 o vlnové délce 850 nm v SMD pouzdře. Světelný panel (Obrázek 2.18) je složen ze 13 LED, které jsou napájeny v sérii, každá na vlastní sokl. Vzhledem k jejich výkonu jsou všechny nalepeny na robustních hliníkových chladičích. Jeden chladič byl vymontován z neznámého zařízení, druhý je vlastní výroby. Pod každým soklem, i pod každou samotnou LED je pro lepší tepelnou vodivost nanесena speciální pasta smíchaná s lepidlem. Toto pasivní chlazení stačí i k několikahodinovému nepřetržitému provozu (minimálně 16 odzkoušených hodin).



Obrázek 2.18: použitý typ displeje

- maximální optický výkon — 700 mW/sr,
- vyzařovací úhel — 120°,
- provozní napětí — 1.7 V,
- maximální proud — 400 mA,
- teplotní rozsah — 60-100°C.

Světla jsou napájena proudovým zdrojem na 66 % jejich maximálního výkonu. Součástí je i mechanický vypínač a barrel-jack konektor pro přívodní kabel.

■ 2.3.5 Data projektor Optoma PK320

Protože minimálně ze začátku bylo nutné většinu komponentů často stěhovat, v úvahu přicházelo využít jeden z lepších mini-projektorů. Optoma PK320 je vyhovujícím kompromisem mezi drahým a velkým dataprojektorem. Byl používán zejména pro prvotní testování, i tak se osvědčil.

- Full Hd rozlišení 854*480px,
- nativní kontrastní poměr 2000:1,
- hmotnost: 0.25 kg
- svítivost 100 ANSI lumenů.

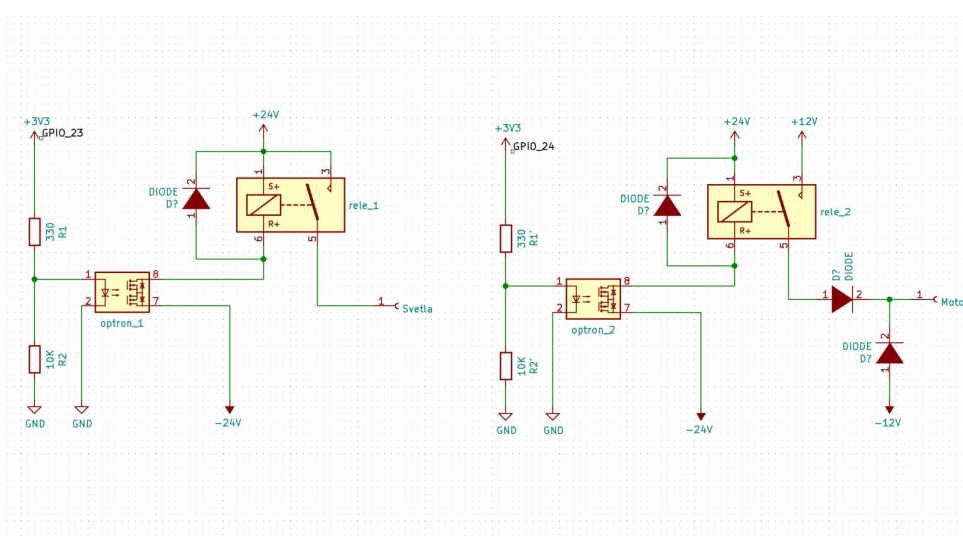
Je připojen přes microHDMI od RPi k redukci HDMI/VGA a nakonec připojen přes micro displayIO konektor. Výhodnou vlastností je, že tento malý projektor má vlastní baterii. Vzhledem k tomu, kolik kabeláže bylo potřeba, bylo často velmi ulehčující, když tomuto projektoru stačil k fungování pouze datový kabel.



Obrázek 2.20: Vysílací bluetooth modul.

modul řízení světel a motoru

Na každém jednotlivém z GPIO pinů (vyjma speciálních) může být vstupní i výstupní napětí maximální hodnoty 3.3 V s proudovým omezením na 16 mA, součet všech proudů protékajících přes hradlo může být pouze 50 mA. Proto je nutné řízení výkonových periférií provádět přes další spínací prvky spolu s relátkem nebo tranzistorem. V případě ovládání motoru bylo z bezpečnostních důvodů použito i galvanické oddělení pomocí optronu. Tím je zaručena bezpečnost provozování indukční zátěže pomocí programovatelných výstupů z RPi. Schéma zapojení je vidět na obrázek 2.21),

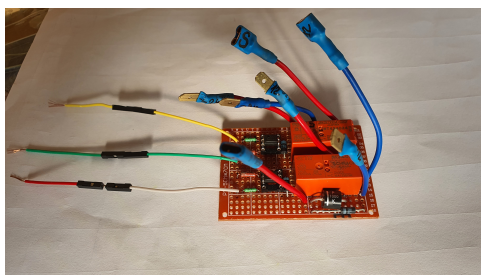


Obrázek 2.21: schéma zapojení reléového modulu

Optron je zapojen spolu s odporovým děličem, pro nastavení hodnoty proudu a pro jeho spolehlivou funkci. Nechceme, aby sepnul ve chvíli kdy to není žádoucí. Odpor R_1 byl vypočten z úbytku napětí 1.7 V na LED optočlenu. R_2 byl zvolen řádově větší, pro hodnotu protékajícího proudu cca 0.2 mA.

$$R_1 = \frac{3,3 - 1,7}{0,005} = 320 \quad (2.1)$$

Což odpovídá odprové řadě $R_1 = 330\Omega$, pro rezistor R_2 byla zvolena hodnota odporu $10\text{ k}\Omega$ Aby nedošlo k průrazu optočlenu při vypínání indukční zátěže (cívka relátka a motor posunu) jsou do obvodu umístěny i ochranné diody snášející napětí minimálně $10x$ větší než je normálně v obvodu. V naší úloze nemusíme řešit celkem velké spínací časy mechanických součástek oproti, těm polovodičovým. Celý modul sestavený na tištěném spoji je možné vidět na obrázku



Obrázek 2.22: Fyzický relé modul před zabudováním.

■ Mikrofon

Mini USB mikrofon Seed Studio na bázi plug-and-play (Obrázek 2.23).



Obrázek 2.23: Mini USB mikrofon Seed Studio

Parametry:

- citlivost: -47 dBV/Pascal , $\pm 4\text{ dB}$,
- Frekvenční odezva: $100\text{-}16\text{ KHz}$.

■ Upravená sluchátka s příslechem

Protože zvuk je při video-projekci důležitou součástí. Bylo nutné přizpůsobit ochranná sluchátka s příslechem tak, aby byla schopna přijímat audio signál z řídicí jednotky. Proto byl do sluchátek integrován stejný modul jako na

obrázku 2.20, nastavený jako přijímač. Díky tomu je možné, aby střelec využil projekčního terče i ve střelnici, která je klasicky rozdělena na jednotlivé stavy.

2.3.9 Rám s nosičem střeleckého terče

Aby nedocházelo ke špatné detekci ran vlivem vysokého počtu soustřelů je nutné obnovovat terčovou plochu. K odstranění starých průstřelů je použita převíjená role papíru. V optimálním případě přímo přizpůsobena potřebám dané střelnice. Například jako je vyznačeno na obrázku 2.5. Hlavní role s papírem byla umístěna u podlahy ve volně položeném rámu s elektromechanickou brzdou. Rám by fungoval zároveň jako závaží, zajišťující dostatečné napnutí promítací plochy. Návinová tyč by byla napevno ukotvena ve stropní části střelnice. Z jejího válce by směrem dolů viseli pomocné kšandy. Za tyto kšandy by se zachytil konec papíru na první roli a pomocí motoru a otáčení návinové tyče by se papír vytáhl až ke stropu. Při navíjení by byla odpojována brzda spodního rámu a papír by se volně odtáčel a stoupal vzhůru. Po dosažení požadované výšky by se zapojila brzda a papír by se našponoval a dál neodvihal. Při dosažení nadměrného množství průstřelů by se brzda znovu odpojila a papír se navinul o prostřílenou část. V případě, že by bylo střeliště potřeba využít k jinému druhu tréninku, by brzda při navíjení zůstala jednoduše zabrzděna a celá role papíru by se ke stropu vytáhla i s rámem. V této variantě by samozřejmě brzda při nepřivedeném napětí musela zůstat zabrzděná. V případě, že není možné vrtat do stropu, vyžaduje toto řešení celkem složitou konstrukci. Proto jsem jako testovací variantu zvolil vertikálně postavené tyče, zachycené v pevné konstrukci z montážních koz (Obrázek 2.24). Tyče jsou v nosičích volně zasunuty a zaaretovány v požadované výšce. K návinové tyči je připevněno převodové kolo, které je řetězem spojeno s pastorkem a stejnosměrným elektrickým motorem s planetovou převodovkou. Napnutí plochy je zaručeno třecí brzdou v hlavním válci s rolí papíru. Motor tedy při převíjení musí tuto sílu nutně překonat. Při plném zatížení se odběr motoru pohybuje kolem 5 A (Obrázek 2.25).



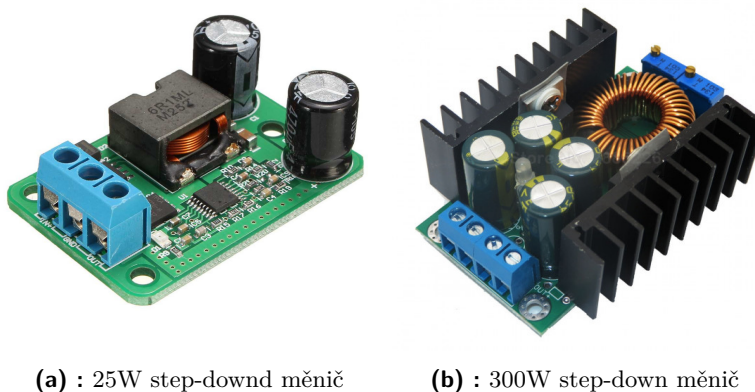
Obrázek 2.24: Funkční vzorek posuvného terče



Obrázek 2.25: Detail vyřešeného pohonu.

2.3.10 Napájecí zdroje

Vstupní napětí celého zařízení je 24 V. RPi Pracuje na 5 V, světla s 24 V a motor 12 V bylo tedy nutné použít step-down zdroje, které transformují vstupní napětí na odpovídající hodnoty 5 V a 12 V na obrázku 2.26. První z nich má vstupní rozsah 9-35 V a výstupní proud až 5 A, výkon 25 W, což dostatečně pokrývá potřeby počítače. Druhý má vstupní rozsah 5-40 V, výstupní napětí může být v rozsahu 1,2 až 35 V a dodá proud až 9 A a celkový výkon 300 W, to je důležité právě pro pohon převíjení terče. Nastavení požadované hodnoty napětí je pomocí potenciometrů.

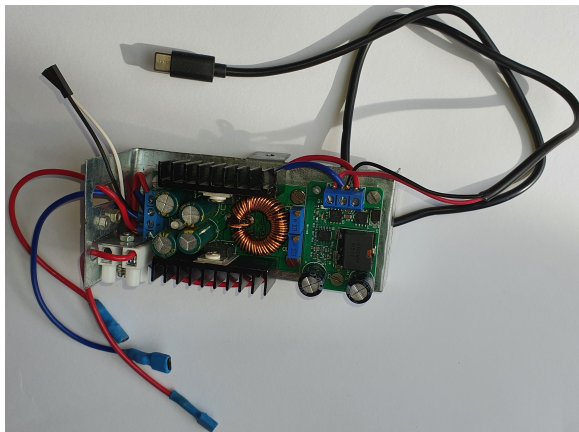


(a) : 25W step-downnd měnič

(b) : 300W step-down měnič

Obrázek 2.26: Elektrické zdroje [8]

Z těchto měničů byl sestaven hlavní napájecí modul (Obrázek 2.27). Který je vsazen do krabičky a odstíněn plechovou zábranou. Kvůli případnému rušení datových linek.



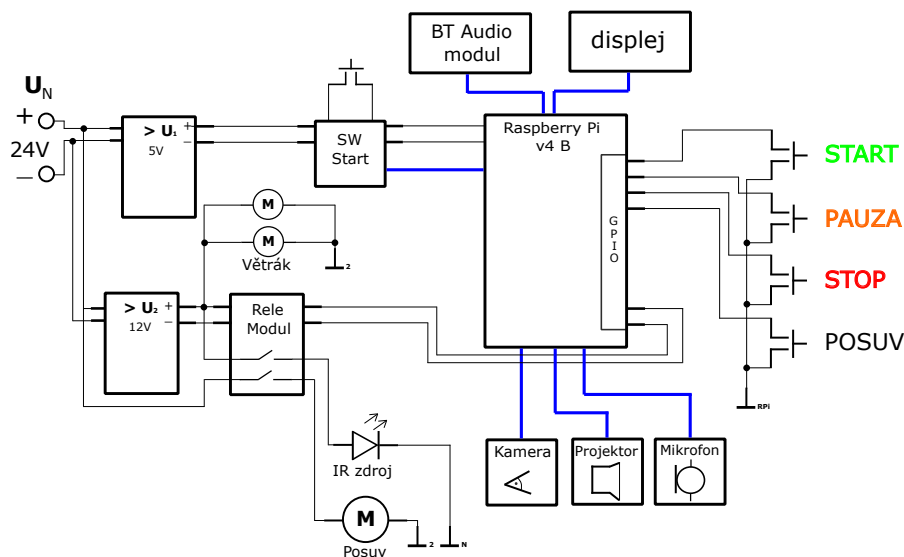
Obrázek 2.27: Kompletně osazená výkonová část zařízení

Kapitola 3

Struktura a konstrukce Řídící jednotky

Vybrané a popsané komponenty tvoří celý systém hlavního měřicího zařízení, jehož blokové schéma je na obrázku 3.1. Bloky potřebné pro detekci zásahu jsou připojeny přímo na sběrnici Výpočetní jednotky RPi. Ovládací prvky jsou pak připojeny přes zmiňované GPIO piny.

Komponenty přímo nutné k chodu zařízení a jeho obsluze jsou kompletně zabudovány v hliníkové krabici a tvoří tak kompaktní celek s robustním vzhledem a dobrou ergonomií ovládání. Krabice je vybavena podpurným dnem na nějž jsou pomocí distančních sloupeků instalovány jednotlivé komponenty. Celé dno je přišroubováno k vnitřku krabice, takže nehrozí možnost mechanického zničení komponentů vlivem otřesů. Výhodou dvojitého dna je také volné místo mezi ním a spodkem krabičky. Do této části je možné schovat nezanedbatelný díl kabeláže, čímž se manipulace s jednotlivými prvky zjednodušuje, protože rozvody nezabírají tolik z využitelného prostoru.



Obrázek 3.1: Blokové schéma hlavní části systému

24 V architektura byla použita kvůli spínacím prvkům v obvodech řízení světel a motoru. Samotné světelné zdroje jsou navrženy také na 24 V, tak aby požadovaný počet LED mohl být zapojen do série, čímž se snížila velikost protékajícího proudu. Ten v případě sepnutí motoru může být až 5 A, proto je nutné výkonovou část odstínit od výpočetní. Motory ventilátorů pracují také na 12 V a jsou výkonnější než větráčky, které jsou pouze na 5 V distribuovaných samotným RPi. Tlačítko softwarového startu ovládá pouze systém a je naprogramováno na klasické úrovně zapínání, „zapnout“, „bezpečné“ vypnutí s ukončením programů a „tvrdé“ vypnutí, tyto příkazy jsou rozlišeny časovým intervalem přidržení tlačítka (bez aretace). Po vypnutí modul odpojuje od RPi napájení. Ostatní periferie však zůstávají stále připojeny, pro jejich odpojení je nutné vypnout hlavní mechanický vypínač. Tlačítka *START*, *PAUZA*, *STOP* jsou také bez aretace a jsou použity k ovládání programu. tlačítkem *POSUV* se spíná motor převíjení terčového plátna.

Krabice je také osazena nezbytnými konektory pro připojení všech potřebných periférií. (Promítačka, kamera, myš, klávesnice, internetové připojení, napájení. Obrázek 3.2)

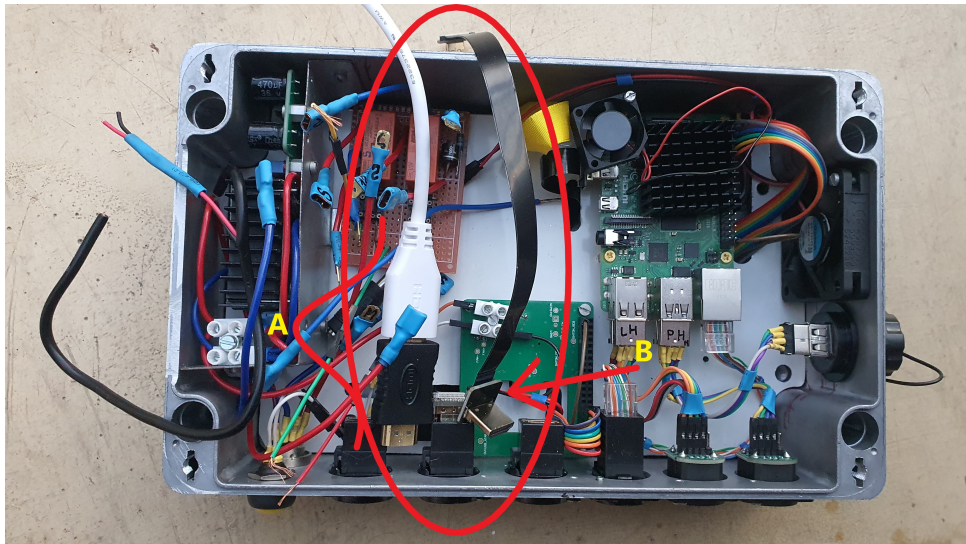


Obrázek 3.2: Ukázka zabudovaného zařízení

Mikrofoní konektor slouží jak pro přivedení napájení tak pro připojení světel a motoru. Jedná se o starší provedení tohoto konektoru s připojovacími kolíky většího průměru, než jaké jsem mohl najít v nabídce obchodů. Proto snese i vyšší proud než je 1 A moderních konektorů. Toto v určitém smyslu nepraktické řešení bylo použito kvůli prostorovému kompromisu, aby většina vývodů byla situována pouze na jednu stranu. Konektory mimo čelo jsou pouze oddělený uživatelský USB vstup pro přenos výsledků a nahrání vlastních videí a konektor pro bluetooth-dále jen BT, který je vyveden otvorem zpod víka

krabice. Stejný otvor je použit i pro výdech chlazení. Vzhledem k tomu, že střelnice je velmi prašné prostředí, bylo nutné sání ventilátoru opatřit dobře přístupným a vyměnitelným filtrem. I když je prostor střelnice odvětrávaný, velké množství prachu zůstává ležet na podlaze. Největší problém tak nastává při zametání, kdy je prach rozvířen po okolí. V případě dlouhodobého nasávání prachu by došlo k zanesení chladících prvků, které by časem nemohly plnit svou funkci. Stejně tak je nutné čistit, případně vyměňovat vzduchový filtr, aby opět nedošlo k jeho úplnému ucpání a následné neprodyšnosti.

Při kompletaci bylo největším problémem vyrovnat se s rozměrnými HDMI konektory, které jsou použity hned u třech periferií. komerční redukce zabíraly celou šířku krabičky, jejich neforemní kabely musely být nepřírozeně pokroutené až na samou hranici jejich možností. Montáž dalších dílů proto byla velmi nepříjemná. Nakonec se mi podařilo sehnat a vytvořit vlastní HDMI spojky zhotovené pouze na tištěném spoji s konektorem pro *flex* DIY HDMI kabel (Obrázek 3.3).



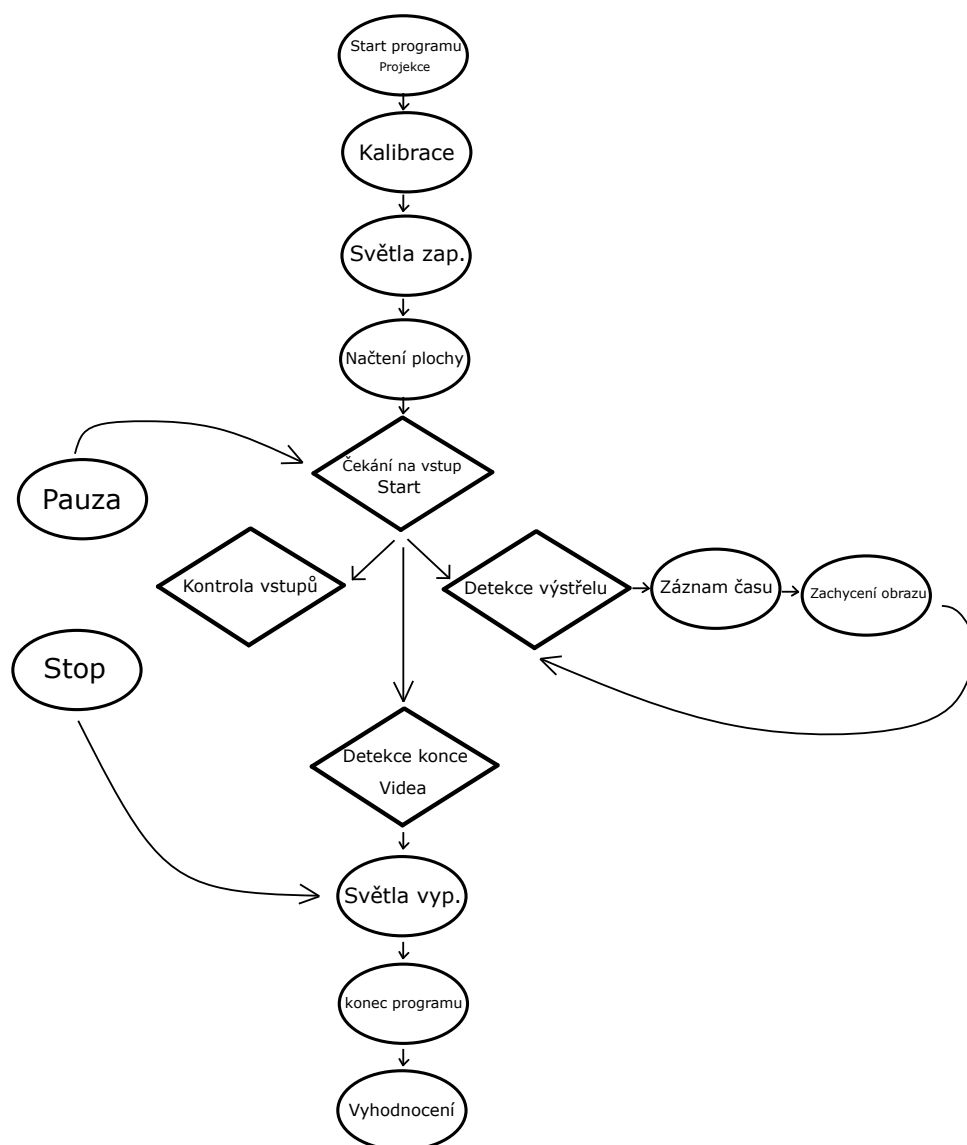
Obrázek 3.3: Porovnání běžného konektoru-A, a flex DIY HDMI konektoru-B



Kapitola 4

Algoritmus a měřící cyklus

Průvodním efektem výstřelu je zvuk. Tohoto zvukového projevu využijeme při detekci ran v terčové ploše. A to způsobem, který popisuje následující diagram na obrázku 4.1. Aby nevznikaly nejasnosti, dovolím si upravit terminologii. Obraz, který zachytí kamera bude jmenován právě jako obraz či obrázek. V případě, jedná-li se o vygenerovaný obraz z původního videa, bude označen jako snímek. Program je psán v jazyce python.



Obrázek 4.1: Diagram měřicího algoritmu

Jednotlivé kroky z diagramu jsou vysvětleny níže:

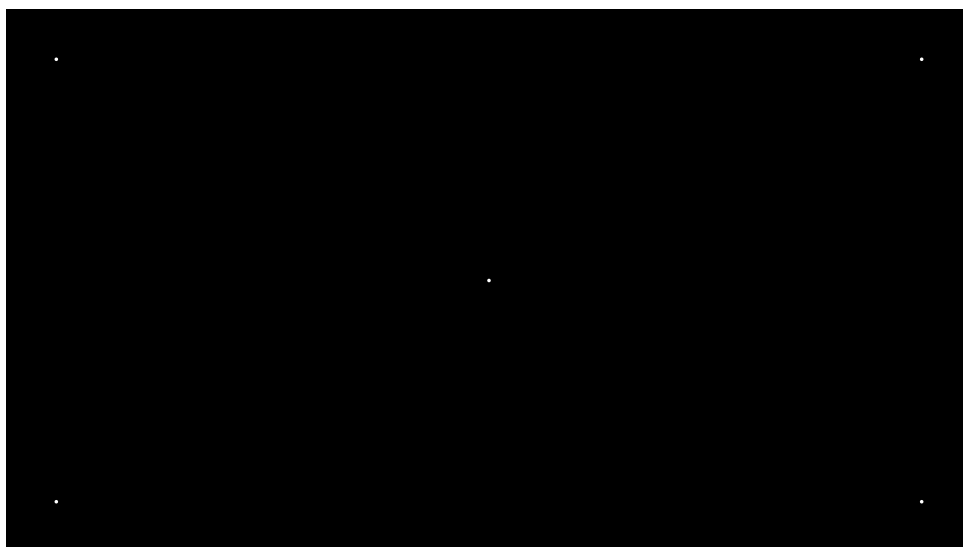
- Start programu znamená spuštění určitého scénáře z ovládacího panelu,
- Kalibrace je důležitým prvkem měření, protože obrázek zachycený kamerou může mít jiné rozměry, než originální vysílaný obraz. Je jasné, že jde poměrově nastavit takové velikosti objektů, aby se po promítnutí z přesně dané vzdálenosti, s kamerou ztotožnili, nicméně toto nelze udělat u externího uživatelského videa,
- Po kalibraci je řídicí jednotkou spuštěn IR zdroj světla a je osvětlená celá plocha terče. Nyní následuje důležitý krok načtení plochy. Protože není nutné, aby byl papír převíjen okamžitě po každém výstřelu. Je možné, že před spuštěním programu zůstaly v papíru staré rány. Tyto díry je

potřeba načíst najednou a uložit všechny jejich souřadnice, aby se při dalším měření nemísily mezi aktuální zásahy,

- Poté už se čeká akorát na povel od uživatele, ke spuštění videa. Souběžně se spuštěním videa začne běžet časovač.
- poté je programem hlídán uživatelský vstup z řídicích tlačítek,
- Výstup mikrofону je nastaven na určitou prahovou hodnotu. Při překročení této meze (výstřel) je vydán pokyn pro vytvoření surové fotografie terčové plochy.
- Fotografie se uloží spolu s časovou značkou. Jde o údaj v milisekundách, kdy byl snímek zachycen po spuštění videa.
- Tento postup se opakuje pro každý výstřel, během promítání celého video-scénáře.
- Po ukončení projekce nastává fáze analýzy jednotlivých fotografií v pořadí, jakém byly pořízeny.
- Na rozdíl od detekce za běhu programu, je nyní možné aplikovat různé nastavení prahových parametrů individuálně pro každý snímek. Tím se dosáhne co nejrobustnější detekce ran.
- Každý nově objevený průstřel je nutné uložit do seznamu již známých objektů, aby se v každé fotografii následující po první hledaly již pouze unikátní zásahy.
- Po vyhodnocení všech obrázků je výstupem seznam 2D souřadnic s časovou značkou.
- souřadnicím je podle jejich odpovídající známky přiřazen snímek z původního videa.

4.1 Kalibrace

Pro správnou transformaci kamerových souřadnic je potřeba znát rozměry a pozici určitého artefaktu v původním obrázku a zároveň ve snímku tohoto obrázku zachyceného kamerou. Na začátku videa je vypnuto IR osvětlení. Na terčovou plochu je promítnut obrazec (Obrázek 4.2) obsahující pět bodů (ty mají po zvětšení projektorem požadovanou velikost 9 mm). Tyto body jsou tentokrát světlé v tmavém pozadí. Kamera tento obraz vyfotí uloží a následně je provedena analýza bodů a zaznamenání jejich souřadnic. Stejná analýza je provedena i na původním snímku. Tím pádem dostaneme pojitko mezi vyfoceným a promítaným obrazem.



Obrázek 4.2: Kalibrační obrazec

Pomocí metod v OpenCv a těchto transformačních souřadnic jsme schopni promítnout zásah z vyfoceního obrázku do původního snímku z videa.

4.2 offset mikrofonu

Protože mikrofon obsahuje integrovaný hardware pro sériovou komunikaci, dochází při přenosu dat k určitému zpoždění. Tento offset bylo nutné programově identifikovat a následně odečíst od každé z časových známek. Nicméně mnou používaná videa jsou v režimu rychlosti snímkování do 24 fps, to znamená, že na jeden snímek připadá přibližně 42 ms. K celkovému času i zpoždění musíme přičíst i latenci USB rozhraní. Latence zvukové karty Rpi se mi zjistit nepodařila, ale z běhu programu jsem odchylku odečetl přibližně na 6 milisekund. Což je v poměru k výše zmíněnému a v našem případě zanedbatelné. Nejspíše jinak by tomu bylo například u navigace bezpilotního letounu.

4.3 Úprava obrazu a nastavení kamery

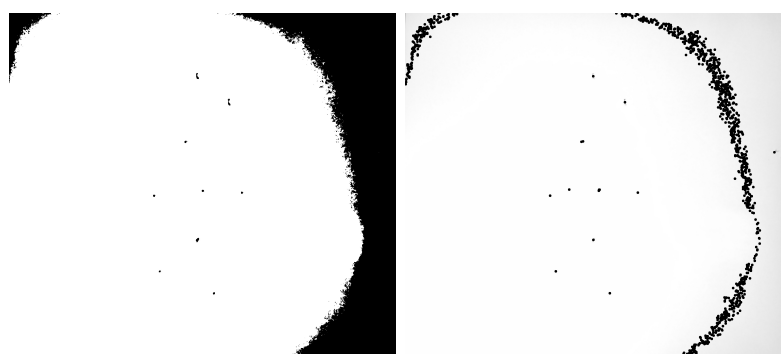
Úprava obrazu je shrnutá v následujícím sloupečku:

- Obraz z kamery je oříznut na požadovanou velikost,
- Následně je použit Gaussův filtr pro redukci šumu,
- Provedena konverze do černobílého spektra pomocí adaptivního thresholdingu [1],
- Nalezení kontur, resp. souřadnic tmavých bodů.

Jak bylo řečeno výše, v optimálním případě dostaneme z původního snímku 4.3 (již přesvícený IR zářičem) obraz, který je s čistě bílým pozadím a krásně znatelnými tmavými body znázorňujícími rány. Ve skutečnosti se může stát něco takového (Obrázek 4.4).



Obrázek 4.3: Původní vyfocený obraz z kamery přesvícené IR světelným zdrojem.



(a) : malá citlivost algoritmu.

(b) : Stále malá citlivost.

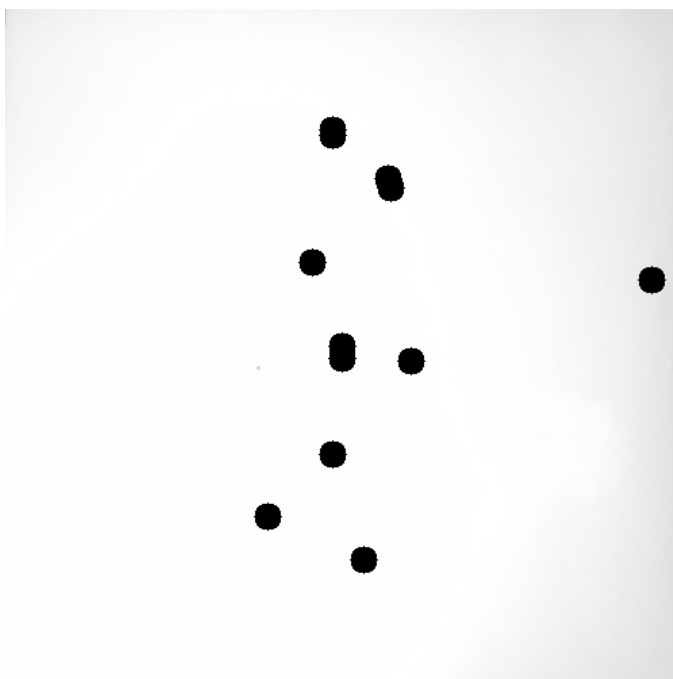
Obrázek 4.4: Příklad špatně nastavené prahové detekce.

Tento efekt nastává díky ohybům a deformacím na promítané ploše. Na dalším obrázku 4.5 je vidět již správně nastavený algoritmus a zřetelně vystupující tmavé body



Obrázek 4.5: Černobílý obrázek s jasně viditelnými body.

Na posledním obrázku 4.6 jsou již detekované průstřely, které jsou i vyznačeny. Jak je vidět, i v tomto případě algoritmus neodhalil jeden průstřel vlevo.



Obrázek 4.6: Detekované a vyznačené průstřely v obrázku z kamery.

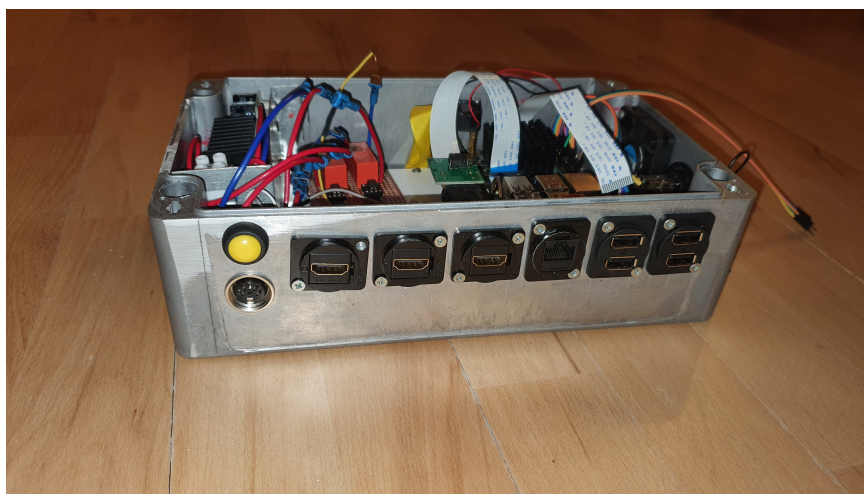
Existují další využitelné metody. Například kdybychom zaznamenávali video z celého průběhu simulace. Mohli bychom podle časové známky vybrat první obraz se zásahem a druhý obraz, o jeden nebo dva snímky dříve na

kterém zásah ještě není. Tyto dva snímky bychom od sebe odečetli a výsledkem by byla pouze jedna jediná rána, přiřazená odpovídající časové známce. [7] Ale jedná se pouze o jinou metodu přístupu, která je prakticky srovnatelně funkční, i když může být více výpočetně a paměťově náročná, což je její nevýhoda.

Kapitola 5

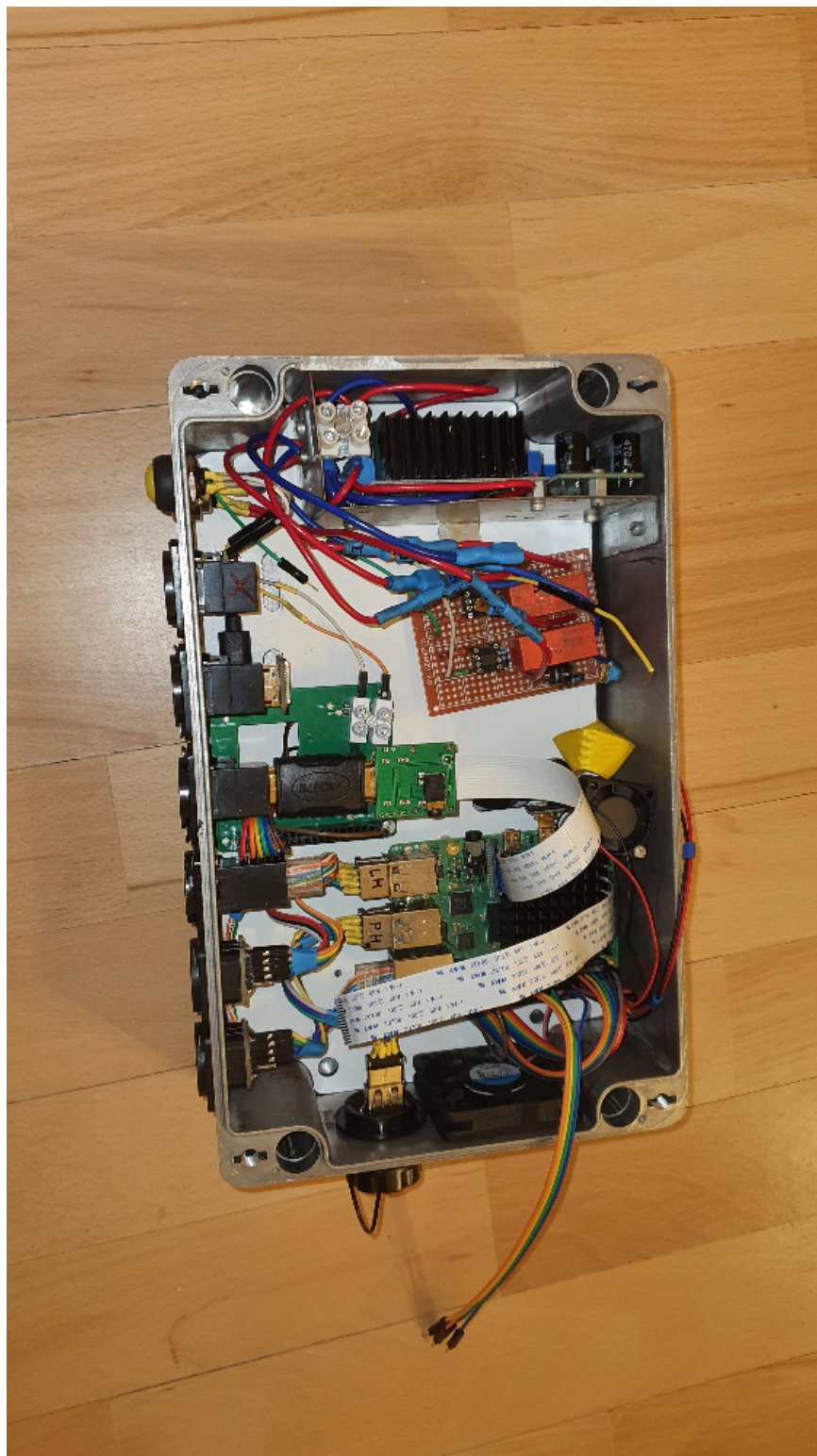
Ovládání programu

Protože se jedná o jednodeskový počítač s téměř klasickým operačním systémem, je možné jej ovládat podobně jako běžný počítač. Tedy připojit k němu monitor, klávesnici a myš. To je výhodné, jedná-li se o samotný vývoj zařízení, případně jeho servisní úkony. Nicméně v běžném prostředí střelnice toto vyhovující není, hlavně z důvodu rozměrnosti, případně křehkosti těchto komponentů. Ostatní systémy komerčních výrobců umožňují zákazníkovi většinou jen základní ovládání. Celkový dohled a řízení probíhá v oddělené místnosti právě u klasického stolního počítače. Většinou je tedy při využívání video-terče nutná asistence obsluhy střelnice. Tomu jsem se chtěl vyhnout, proto je celý systém obslužený z jednoho místa, tím může být například střelecký stav. (Obrázek 5.1)



Obrázek 5.1: Detekované a vyznačené průstřely v obrázku z kamery.

Možným řešením je využití promítačky jako monitoru, v takovém případě člověk opět potřebuje alespoň myš nebo jiný přístroj. Lampa projektoru má také omezenou životnost, proto je dobré jej používat pouze ve chvílích samotného tréninku. Z toho důvodu byl do víka krabice začleněn dotykový displej, sloužící k prvotnímu nastavení programu a scénáře. Další ovládání již za běhu projekce probíhá pomocí čtyř tlačítek umístěných na víku krabice vedle displeje. Tři hlavní tlačítka jsou odděleny od zbytku, tak aby na ně



Obrázek 5.2: Krabička s vnitřnostmi.

Protože jsem si nebyl jistý, jaký návrh rozložení ovládacích prvků bude

vyhovující, a protože vyvrtat do hliníkové stěny 25mm otvory, tak aby k něčemu vypadaly, není úplně jednoduchý úkol. Rozhodl jsem se vytvořit vlastní víko krabice, z foremnějšího materiálu, dřeva, na kterém by bylo možné odzkoušet různou ergonomii ovládacích prvků. Na víko jsem nakonec neumístil uživatelsky dostupný USB port pro přenos výsledků, či nahrání vlastního obsahu. Tento port je jako druhý vyveden mimo čelo krabice a to z boku vedle nasávacího otvoru ventilátoru. Protože je víko symetrické a konstrukce vnitřku krabice to umožňuje, je možné ho nasadit oběma směry. Pozice víka bude dána umístěním celé krabice. Bude-li ležet na stole otočí se víko o 180°, aby řada konektorů a kabeláže směřovala pryč od uživatele. Naopak, při instalaci krabice na zeď je možné víko nechat ve stejném směru jako konektory, které budou směřovat k zemi (Obrázek 5.3).



Obrázek 5.3: Krabička.

Kapitola 6

Video-terče

Pro testování funkčnosti a vlastností celého systému byly natočeny, resp. vyrobeny tři filmy. První s dynamickou změnou statických obrazců (Obrázek 6.1). Na ploše terče se v náhodných intervalech střídají geometrické tvary různých barev. Je možné si vybrat pouze jeden geometrický tvar po kterém bude nutné vystřelit nebo skupinu tvarů či vyhodnotit to na základě barev.



(a) : Sekvence z videa, obraz 1.

(b) : Sekvence z videa, obraz 2.



(c) : Sekvence z videa, obraz 3.

(d) : Sekvence z videa, obraz 4.

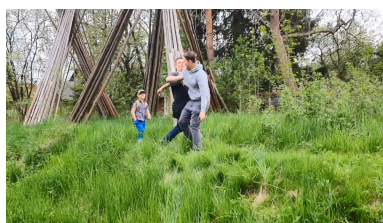
Obrázek 6.1: Ukázka videa „náhodně promítané obrazce“

Toto video je interaktivní a po opětovném stisku tlačítka *start* dojde ke zkrácení prodlevy mezi jednotlivými obrazy. Bohužel místo výskytu nového obrazce není až tak náhodné, i když by se to střelci mohlo zdát. Místo zobrazení geom. tvaru není náhodné kvůli snaze potlačit výskyt soustřelů, které jsou detekovatelné hůře a nebo vůbec. Takže se nikdy nestane, aby se během minutové sekvence objevil znak na jednom a tom samém místě. Kdyby tomu tak bylo, střelec s dobrým soustřelem by se mohl trefit do totožného místa velmi často.

Další video již modeluje skutečnou situaci útočníka snažícího se napadnout druhou osobu, doprovázející malé dítě (Obrázek 6.2). Dotyčný se evidentně snaží bránit sebe i dítě. Následně recidivista vytáhne zbraň, kterou po chvíli přetahování dokonce použije.



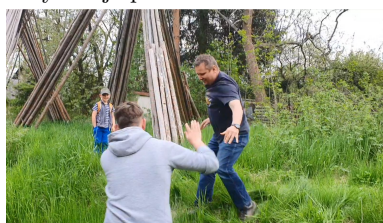
(a) : Sekvence z videa: útočník napadl muže s dítětem.



(b) : Sekvence z videa: Útočník vytahuje pistoli.



(c) : Sekvence z videa, složitá pozice pro střelbu.



(d) : Sekvence z videa, možnost střelby.

Obrázek 6.2: Ukázka videa „potyčka s dítětem“

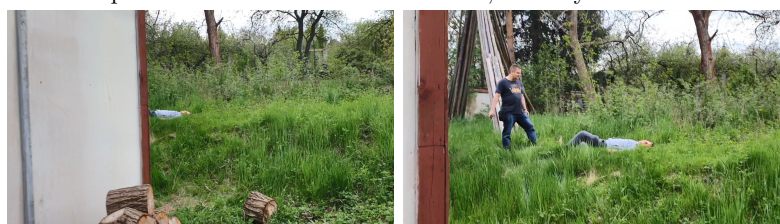
V tomto případě je již situace složitější a není jasné, jak který jedinec neznalý obsahu videa zareaguje. Navíc je velmi obtížné, se ve vzniklé tahanici, vyvarovat případnému nechtěnému zásahu nevinné oběti. I samotné rozlišení oběti od útočníka začíná být složitější, nicméně z průběhu tohoto videa je to zatím stále patrné.

V dalším videu hraje důležitou roli zvuková kulisa. Protože testovaný se blíží podél stěny k rohu baráku. Z dálky k němu doléhají zvuky hádky a ve vyhocené chvíli je slyšet výstřel (Obrázek 6.3). Když dotyčný nakoukne za roh, vidí už jen jednoho muže ležet na zemi a druhého nad ním stát s pistolí, po nějakou dobu, ale nikdo nic neudělá a tak není vůbec zřejmé, kdo je útočník a kdo oběť. Je možné, že se oběť prala o zbraň s výtržníkem a ve chvíli výstřelu jej přemohla a zmocnila se tak zbraně bez úmyslu jí použít. Situaci je možné vyhodnotit i naopak s tím, že útočník po výstřelu stojí nad obětí.



(a) : Začátek videa, zvuk hádky, chůze vpřed.

(b) : Přiblížení k místu incidentu, zvuk výstřelu.



(c) : Ležící osoba na zemi, bez akce.

(d) : Osoba se zbraní, bez akce a známek agrese.

Obrázek 6.3: Ukázka z videa „Neidentifikovaný útočník“

Zajímavé bylo, že při tomto testování sedm z dvanácti lidí po muži se zbraní vystřelilo prakticky okamžitě bez většího rozmyslu. Ze statistického hlediska je 12 figurantů zanedbatelný počet probandů. Nicméně pro ukázkou toho jak moc člověka dokáže ovládnout pudové jednání v krizové situaci nebo alespoň v situaci do které se dokáže dostatečně vcítit je to dostačující. A potvrzuje to skutečnou nutnost fyzického i psychického tréninku osob, které mohou nějakým způsobem zacházet se zbraní.

Kapitola 7

Závěr

Aby mohl člověk navrhnout a vyvinout takovýto funkční a skutečně použitelný systém, měl by dostatečně proniknout do této problematiky. O což jsem se snažil i já. Například kvůli cvičení pro odhad bezpečné vzdálenosti jsem k systému připojil ještě jeden vypínač instalovaný do vlastní krabičky se signalizací (Obrázek 7.1).



Obrázek 7.1: Postřehové tlačítko

Toto tlačítko bez arezace snese i větší ránu a může tak program spouštět nebo vypínat rychlým úderem. To je výhodné při nácviku postřehových situací, nebo k tréninku taseání.

Součástí výstupu je také textový soubor, kam jsou vypsána statistická data. Program v tuto chvíli umí pouze změřit reakční dobu pouze u videa s měnícími se tvary, protože je nutné zanést časovou značku přímo do programu, což není umožněno běžnému uživateli. Takže není zatím možné, aby si kdokoliv ve vlastním videu vyznačil body, od kterých se bude stopovat reakční čas, tedy od okamžiku, kdy dojde k promítnutí myšleného cíle. Protože jsem s tím ze začátku nepočítal, neumí program zatím samostatně rozhodnout o tom, že je potřeba převinout plátno a o jaký kus. Nicméně během stavby mi to přišlo jako rozumná vlastnost, proto bylo tlačítko posuvu vedeno přes GPIO vstup a až následně výstupem z RPi byl ovládán motor pohybu převinu.

Těž je škoda, už během funkčnosti programu nevyšel jediný termín reálného testování na střelnici. K ladění tak docházelo nejdříve v pokojíčku se staticky rozvinutým plátnem. (Obrázek 7.2) Ke střelbě byla použita plynová airsoftová

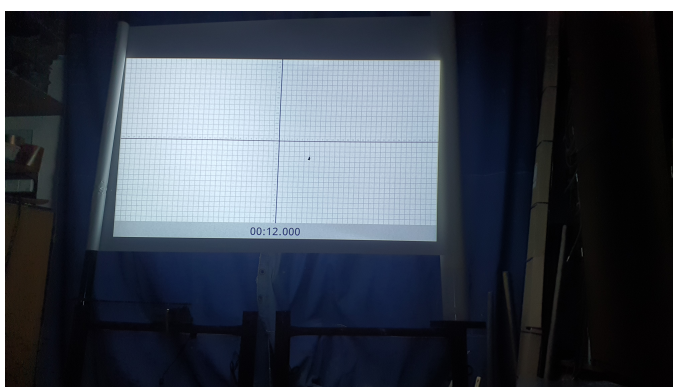
berreta. Díky plynu bylo možné adaptovat mikrofon i pro tento účel. Protože zanechávala menší rány než náboj 6.35, musel jsem využívat pouze menší plochu plátna, proto jsem měl kameru posunutou blíže k cíli. Bohužel pistole nevydržela perné chvíle a došlo k jejímu poškození. I s tímto jsem si poradil a přesunul se do garáže, kde jsem měl již i převíjecí terč po kterém jsem mohl střílet z praku. za terčovou plochou jsem měl pověšený nerezový plech, který po dopadu matičky opět nahrazoval zvuk výstřelu. Na tak malé vzdálenosti bylo zpoždění opět minimální.



Obrázek 7.2: Testování ve stísněných podmínkách.

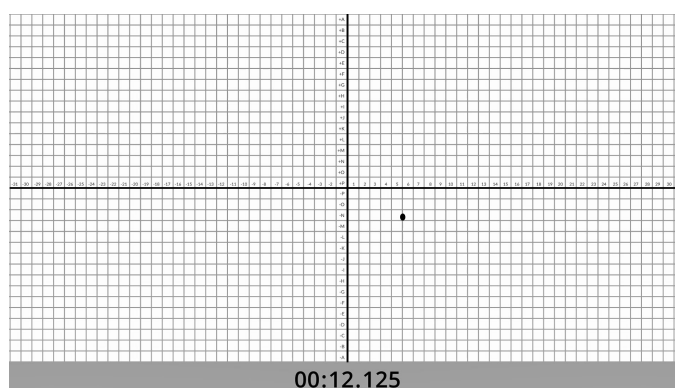
Pro vyhodnocení přesností střelby bylo sestaveno 4. video. Respektive páté vylepšené video o popis jednotlivých os pro lepší odečet hodnot (Obrázek 7.4).

Po zapnutí videa následuje 15 vteřin času, který je odměřován přímo ve videu. Díky tomu je možné určit přesnou časovou odchylku zásahu vůči promítanému terči a pozici.



Obrázek 7.3: Generovaný snímek z videa.

můžeme pozici porovnat se snímkem z původního videa (Obrázek 7.4).

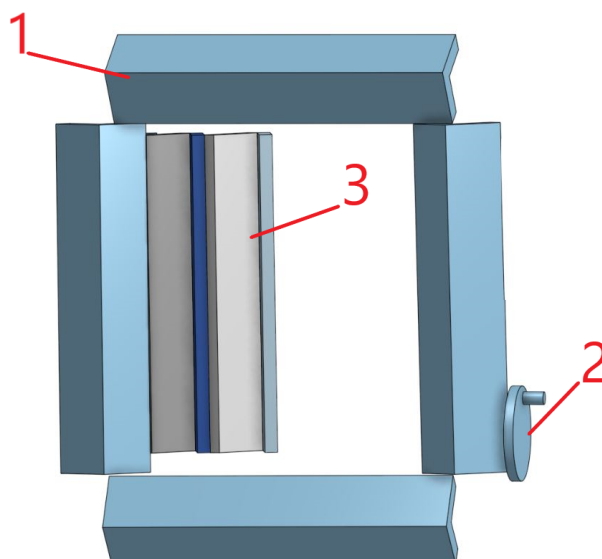


Obrázek 7.4: Generovaný snímek z videa.

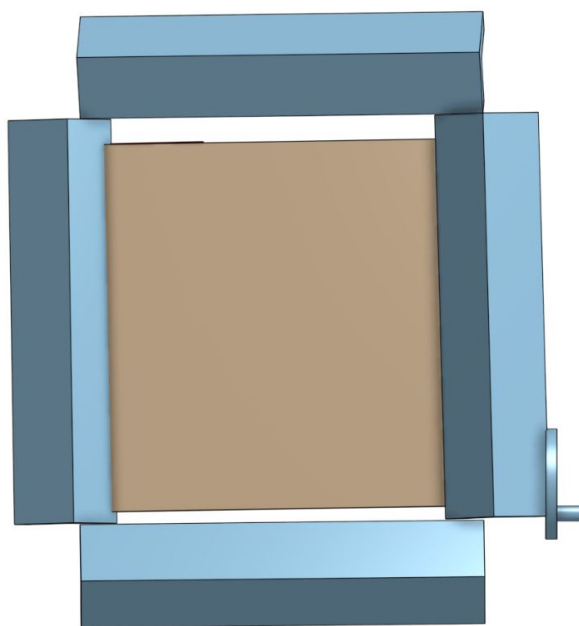
čas záznamu je celkem obstojný pozice se liší o jeden stupeň mřížky.

Občas se stalo, že za běhu programu vypadlo osvětlení, tato skutečnost nebyla nijak hlášena, je tedy nutné přidělat hlídání odběru světelného zdroje. Dojde-li k jeho nenadálému výpadku při běhu programu. Bylo by rozumné o tom informovat uživatele například rozsvícením výstražné LED.

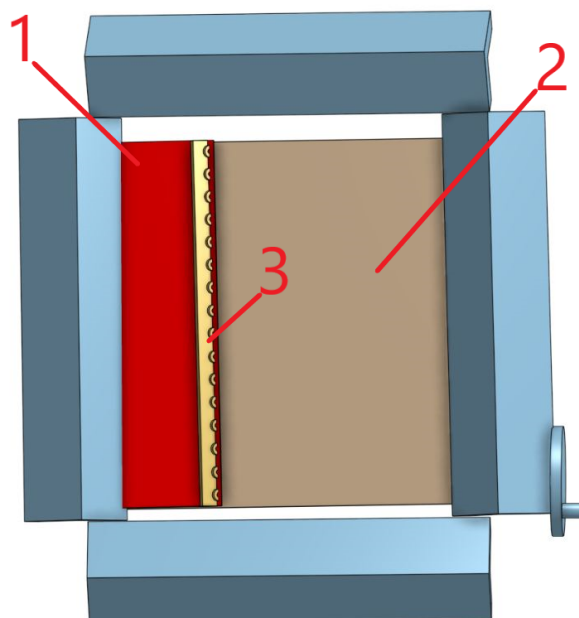
V neposlední řadě jsme hned na začátku diskutovali možnost použití ekologického a ekonomického terče. Po dlouhém bádání mě napadla varianta fungující na principu modelářského písku, který by se nanášel na shrnovací podložku. viz Obrázek, 7.5,7.6,7.7,7.8.



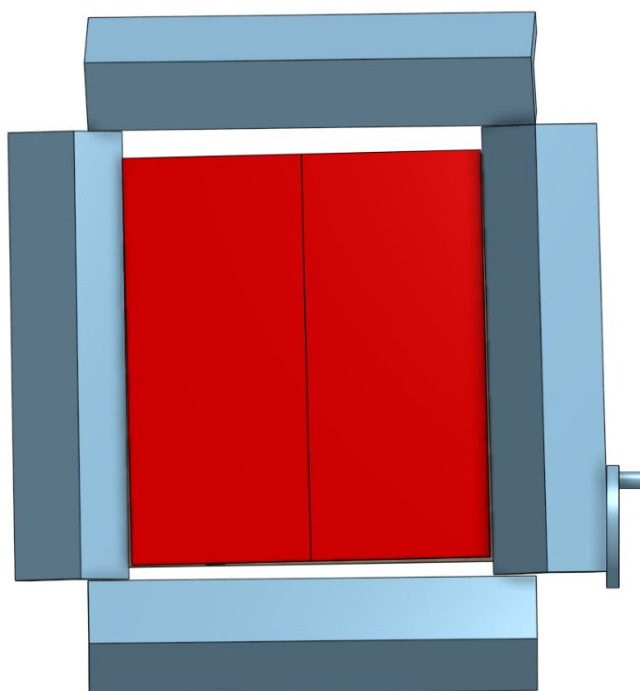
Obrázek 7.5: Obrázek 20. Mechanický terč, 1-neprůstřelný kryt, 2-ovládání shrnovací podložky, 3-shrnovací podložka



Obrázek 7.6: Obrázek 21. Mechanický terč s roztaženou nanášecí podložkou



Obrázek 7.7: Obrázek 22. Mechanický terč, 1-nanesená vrstva materiálu, 2-shrnovací podložka, 3-nanášecí stěrka s tryskami pro dávkování hmoty.



Obrázek 7.8: Obrázek 23. Mechanický terč, s nanesenou terčovou plochou a již shrnutou podpůrnou stěnou.

Nicméně nakonec jsem objevil výhodnější alternativu. Vzhledem k tomu, že se v tomto případě celkem hodí mít povrch papíru lesklý. Je nasnadě odebírat odpadní papír z reklamních agentur zabývajících se reklamním potiskem. Takový papír je levný a navíc bude ještě jednou využit před koncem svého funkčního cyklu.

Doufám, že tento systém může obohatit uživatele o další schopnosti v praktickém používání krátké palné zbraně. A nepřímo tak přispět i k vyšší úrovni společenské bezpečí.



Literatura

- [1] Aryan, P. R.: Vision based Automatic Target Scoring System for Mobile Shooting Range. ICACISIS, 2012,pp. 325-329, ISBN:978-979-1421-15-7.
- [2] BearsolutionsLLc: 2023 Megaflex.. CZ 2023 [cit.16-5-2023]. Dostupné:<https://www.mega-blog.cz/lasery/zelene-a-uv-lasery>.
- [3] BearsolutionsLLc: squarespace.com:2018 BAER Solutions LLC. [online]. USA 2018 [cit.13-5-2023]. Dostupné:<https://baersolutionsllc.com/freetargets>.
- [4] Brych, J.: Sportovní střelba.1nd ed. Praha: Karolinum 2005, 220, ISBN 978-80-246-1582-0.
- [5] Commission, E.: Health Effects of Artifical Light,;European commission,SCENIHR: 19 March 2012, ND-AS-12-002-EN-N,ISBN 978-92-79-26314-9 .
- [6] Giménez, M. C.: Michelle Luxwolda, Eila Gi, Van Stipriaan and others:Effects of Near-Infrared Light on Well-Being and Health in Human Subjects with Mild Sleep-Related Complaints. Biology Buffalo, NY 2023. [online];, <https://www.researchgate.net/publication/366689345>.
- [7] Miroslav, B.: Vyhodnocování zásahů do terče pomocí metod pro zpracování a rozpoznávání obrazu. Liberec, 2008. Diplomová práce. TUL Liberec, Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií.
- [8] Pajenickocz: Měníč napětí (step-down) XL4016;pajenicko.cz [online]. Zbožníčko 2023 [cit.15-5-2023]. Dostupné:<https://pajenicko.cz/menic-napeti-step-down-xl4016-300w-5v-40v-na-1-dot-2v35v-az-9a>.
- [9] Pavel Černý, M. G.: Manuál obranné střelby.2nd ed. Příbram: Grada Publishing,a.s.,2004,ISBN 80-247-0739-X.
- [10] Pavel Černý, O. D.: Václav Vinduška,Manuál obranné střelbyII.1nd ed. Praha: Grada Publishing,a.s.,2013,ISBN 978-80-247-4427-8.
- [11] pmczech: Mpmczech.webnode.cz,CZe 2010,[cit.13-5-2023], [online]:<https://pmczech.webnode.cz/products/njrozsirenejsi-razekratkych-palnych-zbrani>.

- [12] raspberrypi.com: Raspberry Pi 4 Model B - 8GB RAM V:rpishop.cz [online]. Roudné 2023 [cit.20-5-2023]. Dostupné:<https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html>.
- [13] RPishop: Raspberry Pi 4 Model B - 8GB RAM V:rpishop.cz [online]. Roudné 2023 [cit.14-5-2023]. Dostupné:<https://rpishop.cz/raspberry-pi-4/2611-raspberry-pi-4-model-b-8gb-ram-0765756931199.html>.
- [14] Walter, V.: Martin Saska, Antonio Franchi,:Fast Mutual Relative Localization of UAVs using Ultraviolet LED Markers. Praha 2020, CVUT. [online]:<http://mrs.felk.cvut.cz/data/papers/uvdd1.pdf>.