



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  

---

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Jakub Šimerka

**Návrh systému pro měření reakčního času**

**Bakalářská práce**

**2020**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta dopravní  
děkan  
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K621** .....**Ústav letecké dopravy**

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Jakub Šimerka**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – TUL – Technologie údržby letadel**

Název tématu (česky): **Návrh systému pro měření reakčního času**

Název tématu (anglicky): Design of a Reaction Time Measurement Device

**Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Analýza současného stavu zařízení a metod hodnocení reakčního času
- Stanovení limitací měření reakčního času v dopravě
- Návrh zařízení pro měření reakčního času
- Validace funkčnosti navrženého systému



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Kušmírek, S., et al. "Reaction time measurement device for flight crew testing." New Trends in Civil Aviation. CRC Press, 2018.
- Socha, V., et al. "A fatigue influence on pilot's reaction ability during 24 hours flight simulation: A case series study." New Trends in Civil Aviation. CRC Press, 2018.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Kušmírek**  
**doc. Ing. Bc. Vladimír Socha, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **19. října 2018**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **10. srpna 2020**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu letecké dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jakub Šimerka  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 16. prosince 2019

## **Pod'akovanie**

Na tomto mieste by som rád poďakoval najmä vedúcemu projektu, doc. Ing. Bc. Vladimírovi Sochovi, Ph.D. za odborné a cenné rady k jej vypracovaniu. Ďalej by som chcel poďakovať pani Ing. Lenke Hanákovej, pánovi Ing. Stanislavovi Kušmírkovi a doc. Ing. Lubošovi Sochovi, Ph.D. et. Ph.D. za pomoc pri navrhnutí a zkonštruovaní zariadenia. V neposlednej rade by som chcel poďakovať svojej rodine a blízkym za podporu počas celej doby štúdia.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Návrh systému pro měření reakčního času vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

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

V Praze dne 10.08.2020

.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## NÁVRH SYSTÉMU PRO MĚŘENÍ REAKČNÍHO ČASU

bakalářská práce

2020

Jakub Šimerka

### ABSTRAKT

Predmetom bakalárskej práce *Návrh systému pro měření reakčního času* je analyzovať súčasný stav zariadení na meranie reakčného času, navrhnuť technické riešenie prenosného systému pre meranie reakčného času horných a dolných končatín na vizuálne stimuly a následné vyhotovenie modelu navrhnutého systému.

### ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis *Design of Reaction Time Measurement Device* is analysis of actual state of devices measuring reaction time, propose design of portable reaction time measurement device for measuring reaction time of upper limbs and lower limbs to visual stimuli and construction of proposed device.

# OBSAH

Úvod .....	8
1 Analýza súčasného stavu.....	9
1.1 Čo je reakčný čas (Reaction time).....	9
1.2 Mentálna chronometria.....	9
1.2.1 História.....	9
1.2.2 Doner's Subtractive Method (Donerova odčítacia metóda) .....	10
1.2.3 Hipp-ov chronoskop (Hipp chronoscope) .....	13
1.2.4 F. C Doners - visual and audial RT research.....	14
1.2.5 Visual RT research of Max Friedrich .....	15
1.3 Meranie reakčného času v leteckej doprave.....	17
1.4 Faktory ovplyvňujúce reakčný čas.....	18
1.5 Súčasný stav vyhodnocovania reakčného času .....	20
1.5.1 Fitro Agility .....	20
1.5.2 Fitro Reaction.....	21
1.5.3 Michal Bohuš – Příklad pro měření reakční doby .....	21
1.5.4 Push Button Reaction Switch .....	22
1.5.5 Meranie reakčného času pomocou mobilného zariadenia .....	23
1.6 Limitácia súčasného stavu vyhodnocovania reakčného času .....	24
2 Metodika .....	25
2.1 Postup pri vývoji.....	25
2.1.1 Návrh č.1 .....	25
2.1.2 Návrh č.2 .....	27
2.1.3 Návrh č.3 .....	29
2.1.4 Návrh č.4 .....	30
2.1.5 Návrh č.5 .....	32
2.1.6 Návrh č.6 .....	34

2.2	Opis prístroja.....	35
2.2.1	Horné končatiny .....	35
2.2.2	Dolné končatiny .....	36
2.2.3	Software.....	38
2.2.4	Konštrukcia .....	39
2.3	Meranie času .....	41
3	Validácia funkčnosti.....	42
3.1	Výberový reakčný čas .....	42
3.2	Reakčný čas horných končatín.....	43
3.3	Reakčný čas dolných končatín .....	43
3.4	Jednoduchý celkový reakčný čas .....	45
4	Diskusia .....	46
	Záver.....	48
	Zoznam použitej literatúry .....	50
	Zoznam použitých obrázkov .....	53



## ÚVOD

Reakčný čas je jednou zo základných fyziologických schopností organizmu okamžite reagovať na nejakú formu stimulu. Tento stimul nemusí byť len vizuálny pre ktorý je predstavené zariadenie skonštruované, ale taktiež môže byť stimul zvukový, stimul fyzického vnemu apod. Dĺžka reakčného času je individuálna pre všetky žijúce organizmy. Reakčný čas je veľmi dôležitou schopnosťou pri výkone práce zamestnancov nielen v leteckej doprave, ako piloti alebo dispečeri, ale aj pre pracovníkov záchranných služieb. Nejde pri tom len o rýchle reagovanie na prezentovaný stimul, ale taktiež o vykonanie správnej reakcie k správne rozhodnutiu. Meranie kombinovaného reakčného času by sa mohol stať súčasťou testovania pri výberovom konaní napríklad na pracovné pozície tohoto typu. Pri testovaní posádok na kombinovaný reakčný čas nie je v prítomnej dobe žiadny vhodný prístroj na vyhodnocovanie tejto dôležitej fyziologickej funkcie.

Teoretická časť tejto bakalárskej práce oboznamuje čitateľa s definíciou reakčného času, jeho rôznymi druhmi a využitím v leteckej doprave. V prvej kapitole sa zameriava na históriu merania reakčného času a vývoj prvých prístrojov na jeho meranie. Taktiež opisuje niekoľko predstavených, alebo dostupných zariadení na trhu a poukazuje na ich kladné vlastnosti, ako aj na ich nedostatky.

Praktická časť bakalárskej práce je zameraná na chronologický postup vývinu predstaveného zariadenia. Informuje o konštrukcii a vývoji použitého softvéru.

Zariadenie predstavené v tejto bakalárskej práci je navrhnuté na čo najväčšiu kompaktnosť a jednoduchosť ovládania, pre jeho nekomplikovanú použiteľnosť. Momentálne na trhu nie je dostupný žiadny prístroj, ktorý je schopný merať komplexný reakčný čas a zároveň merať reakčný čas horných končatín a reakčný čas dolných končatín. Navrhnuté zariadenie spĺňa tieto požiadavky a je vytvorené pre ergonomické potreby testovacieho subjektu vďaka voľne pripojenej časti na meranie reakčného času dolných končatín. Meraním komplexného reakčného času sa nezaobrá veľa štúdií. Táto bakalárska práca obsahuje získané vedomosti z viacerých zdrojov a aplikuje tieto vedomosti pre vývoj zariadenia, ktoré zdokonaľuje v prítomnej dobe dostupné aparáty.

Cieľom tejto bakalárskej práce je oboznámiť čitateľa s problematikou reakčného času, stanovenia limitácií zariadení dostupných na trhu, poukázanie na ich nedostatok v súčasnej dobe, predstavenie návrhu zariadenia a následné skonštruovanie prototypu navrhnutého zariadenia.

# 1 ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

## 1.1 Čo je reakčný čas (Reaction time)

Podľa legislatívy BOZP (Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci) je reakčný čas definovaný nasledovne: „*Reakčný čas je doba ktorá uplyne medzi podnetom a odpoveďou ľudského organizmu.*“ [19, s. 28].

Reakčný čas je teda dobový interval medzi náhle vzniknutým stimulantom/podnetom a vedomou reakciou na daný podnet. V súčasnosti je meranie reakčného času dôležitou súčasťou metód pre testovanie psychologických funkcií.

Meranie reakčného času, ako číselnej hodnoty, je veľmi závislé od procesu spracovania informácií a výsledkov prístroja, ktorým reakčný čas meriame, spôsobu merania ktorý si zvolíme, prostredím v ktorom čas meriame, typoch stimulov a typoch reakcií ktoré očakávame. Štúdiom spomínaných procesov sa venuje mentálna chronometria.

## 1.2 Mentálna chronometria

Mentálna chronometria je výskumná štúdia, ktorá sa zaoberá skúmaním rýchlosti psychologických procesov. Primárne sa zaoberá časovým intervalom na vykonávanie mentálnych procesov ako rozpoznanie podnetu, spracovanie podnetu a vykonaním motorického procesu ako reakciu na tento podnet. Taktiež sa zaoberá rýchlosťou, akou dokáže ľudský nervový systém tieto podnety spracovať [16]. Vzťah medzi spracovaním podnetu a motorickou reakciou sa od vzniku mentálnej chronometrie vyhodnocoval pomocou Donersovej odpočítavacej metódy viz strana 11 [17].

### 1.2.1 História

Prvé zmienky o reakčnom čase a meraní intervalu reakčného času boli z polovice 19. storočia, presnejšie z roku 1865 a jeho autorom bol holandský psychológ Franciscus Cornelius Doners, ktorý sa zaoberal meraním doby základného mentálneho procesu, čiže spracovanie informácie, ako reakciu na stimulans a následnej reakcie na danú informáciu. Dovtedy bol mentálny proces považovaný za nezmerateľný.

V prvých experimentoch F. C. Donersa pripojil subjektu elektródy k obidvom chodidlám a v rukách subjekt držal 2 tlačidlá, jedno tlačidlo v ľavej ruke a jedno tlačidlo v pravej ruke. Keď subjekt pocítil elektrický impulz v ľavom chodidle, stlačil tlačidlo v ľavej ruke a keď pocítil

elektrický impulz v pravom chodidle, stlačil tlačidlo v pravej ruke. V 1. fáze testu bol subjekt oboznámený s informáciou, kedy šok nastane a v 2. fáze testu subjekt nebol oboznámený s informáciou, kedy ďalší šok nastane. F. C. Doners test vyhodnotil a zistil, že rozdiel medzi spomenutými dvoma kondíciami je 1/15 sekundy. Toto bola prvá číselná hodnota, ktorou bol zmeraný čas vedomej odpovede ľudského tela na externý stimulant a tým vznikla nová štúdia nazývaná Mentálna chronometria, štúdia na časové meranie psychologických procesov.

Prvý prístroj, ktorý bol schopný merať reakčný čas nazývaný "Hipp Chronoscope", bol vytvorený už v roku 1842 nemeckým hodinárom Mathias-om Hipp-om. Princíp fungovania spomínaného prístroja je opísaný viz strana 15. Po tomto úspešnom experimente sa F. C. Doners už meraním reakčného času ďalej nevenoval.

V roku 1879 vzniklo prvé laboratórium určené primárne k štúdiu merania a výskumu reakčného času v nemeckom meste Leipzig. Laboratórium bolo navrhnuté nemeckým psychológom Wilhelm-om Wundt-om, ktorý je dnes známy ako jeden zo zakladateľov modernej psychológie. Wilhelm Wundt navrhol a založil prvé laboratórne centrum špecializované na meranie reakčného času rôznych mentálnych procesov, alebo odborne: mentálnej chronometrie. Laboratórium Wilhelm-a Wundt-a vytvorilo základy pre budovanie laboratórií na meranie reakčného intervalu a dodnes ovplyvňuje dizajn laboratórií na meranie reakčného intervalu [16].

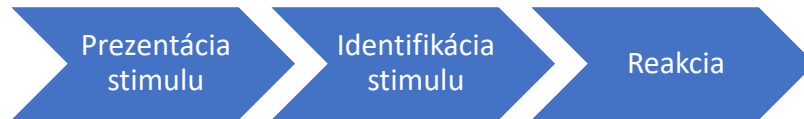
### **1.2.2 Doner's Subtractive Method (Donerova odčítacia metóda)**

F. C. Doners spolupracoval s Wilhem-om Wundt-om na prvých experimentoch merania reakčného času. Donersova metóda bol prístup k meraniu reakčného času vyvinutý v roku 1868 a bola to prvá metóda merania reakčného času, ktorá ďalej spustila vývin metód a výskum v oblasti merania reakčného času. Donersova metóda odčítania spočíva v meraní 3 reakčných časov pri rozdielnych stimuloch a rozdielnych očakávaných reakciách.

#### Reakčný čas č.1 (basic reaction) - základná reakcia

Najprv sa zmeria reakcia na jednoduchý očakávaný stimul s jednoduchou predom stanovenou vyžadovanou odpoveďou organizmu. Toto je reakcia organizmu na jednoduchý stimul, ako napríklad bliknutie svetla, reakciou na zvuk alebo hmat. V tomto prípade sa subjekt nesústreďí na žiadne vedľajšie fyzikálne vlastnosti stimulu ako sila stimulu, veľkosť stimulu, tvar stimulu atď. Očakávaná odpoveď organizmu je tiež jednoduchá a priama, t. z. subjekt sa nesústreďí na rôznosť stimulu. Keď sa stimul objaví, subjekt

bez premýšľania vykoná odpoveď vo forme fyzického pohybu. Táto odpoveď môže byť napríklad stlačenie tlačidla alebo stlačenie pedálu. Schématické znázornenie tohto typu reakčného času je zobrazené na obrázku 1.



Obrázok 1 - Grafické zobrazenie basic reaction - základná reakcia

### Reakčný čas č.2 (choice reaction) - výberová reakcia

Pri tomto meraní je sledovaná reakcia na jednoduchý neočakávaný stimul. Tento stimul, ak je vizuálny, sa môže skladať z dvoch rôznych tvarov objektu ktoré sú subjektu predstavené. Tieto fyzikálne vlastnosti stimulu sa môžu rôzne líšiť v ich tvare (napríklad kruh a štvorec), farbe (napríklad červené alebo modré svetlo) alebo pozíciou stimulu (napríklad stimul sa objaví na pravej strane zobrazovacieho prístroja, alebo na ľavej strane zobrazovacieho prístroja). Očakávaná reakcia organizmu tiež musí byť početná, tzn. napríklad subjekt bude držať 2 tlačidlá, každé v inej ruke. Keď subjekt uvidí jeden stimul, stlačí príslušné tlačidlo, ako odpoveď na daný stimul a keď sa objaví druhý stimul, stlačí príslušné tlačidlo odpovedajúce druhému stimulu. Schématické znázornenie tohto typu reakčného času je zobrazené na obrázku 2.

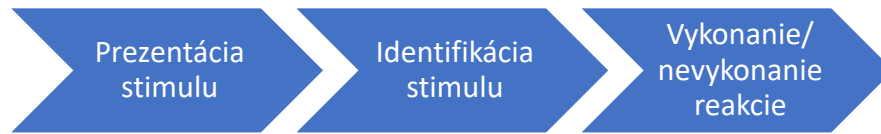


Obrázok 2 - Grafické zobrazenie choice reaction

### Reakčný čas č.3 (go/nogo) - vykonať/nevykonať

Pri tomto meraní je taktiež sledovaná reakcia na jednoduchý neočakávaný stimul. Ako v prípade merania reakčného času č.2 sú subjektu prezentované rôzne stimuly s rozdielom, že subjekt má iba jednu očakávanú reakciu organizmu, tzn. subjekt má iba jedno tlačidlo. V tomto prípade sa vyžaduje aby subjekt reagoval na jeden stimul ale zdržal sa reakcie na ostatné stimuly, tzn. subjekt bude napríklad reagovať ak tvar ukázaný prístrojom je kruh, ale zdrží sa reakcie ak tvar ukázaný prístrojom bude štvorec. V tomto prípade sa subjekt

nemusi rozhodovať, ktorý fyzický prejav musí vykonať. Schématické znázornenie tohto typu reakčného času je zobrazené na obrázku 3.



Obrázok 3 - Grafické zobrazenie go/no-go

Reakčný čas ktorý dostaneme z prvého merania (reakčný čas č.1) sa nazýva jednoduchá reakcia alebo základná reakcia (basic reaction), pretože reakcia nevyžaduje vedomú odpoveď, tzn. subjekt nemusí vykonať vedomé rozhodnutie. Reakčný čas ktorý dostaneme z druhého merania (reakčný čas č.2) sa nazýva výberová reakcia (choice reaction), pretože subjekt musí spracovať informáciu, ktorý stimulant bol vygenerovaný a následne musí vedomo rozhodnúť ako bude reagovať na prezentovaný stimul, tzn. je požadované aby subjekt využil mentálne rozhodovanie. Reakčný čas ktorý dostaneme z tretieho merania (reakčný čas č.3) sa nazýva vykonať/nevykonať (go/nogo), pretože reakcia vyžaduje vykonať identifikáciu stimulantu, ale nemusí vykonať vedomé rozhodnutie medzi typom fyzickej reakcie.

#### Spracovanie výsledkov

Keď odpočítame reakčný čas č.1 od reakčného času č.3, mali by sme dostať hodnotu času, ktorý subjekt potreboval na identifikáciu stimulu prezentovaného pred ním. Následne ak odpočítame reakčný čas č.3 od reakčného času č.2, mali by sme dostať hodnotu času, ktorý subjekt potreboval na rozhodnutie, ktorú reakciu organizmu k prezentovanému stimulu vykoná.

#### Nedostatky tejto metódy

Aj keď táto metóda sa zdá na prvý pohľad jednoduchá a logická, nachádza sa v nej veľa nedostatkov a predpokladov. Donersova metóda odčítania pracuje s predpokladom, že mentálne procesy, ako identifikácia stimulu a rozhodovanie o adekvátnej reakcii organizmu, nasledujú postupne za sebou a tieto procesy nemôžu prebiehať simultánne. Taktiež predpokladá, že výstup informácií jedného mentálneho procesu funguje ako vstup informácií ďalšieho mentálneho procesu, tzn. prítomnosť stimulu sa identifikuje, následne mentálny proces vyhodnotí, aký typ stimulu bol subjektu prezentovaný a následný mentálny proces rozhodne o adekvátnej odpovedi organizmu. Subjekty, ktoré test podstúpili taktiež

nesúhlasili a tvrdili, že pri teste “Reakčný čas č.2” nemali pocit, že test prebiehal ako test “Reakčný čas č.3” s dodatočným krokom rozhodovania o typu reakcii organizmu a taktiež, že test “Reakčný čas č.3” neprebíhal ako test “Reakčný čas č.1” s dodatočným krokom identifikácie stimulu. Tvrdili, že každý test pôsobil individuálne a nemal veľmi spoločné prvky s ostatnými testami.

F. C. Doners taktiež vyslovil jeho znepokojenie nad objektívnosťou testu “Reakčný čas č.3” a napísal, že niektorí ľudia reagovali v teste “Reakčný čas č.3”, keď reagovať nemali. Keď sa toto stalo raz, celá séria testov musela byť zamietnutá, takže si nemôžeme byť istý, či vhodne počkali, kým poriadne stimul rozlíšili.

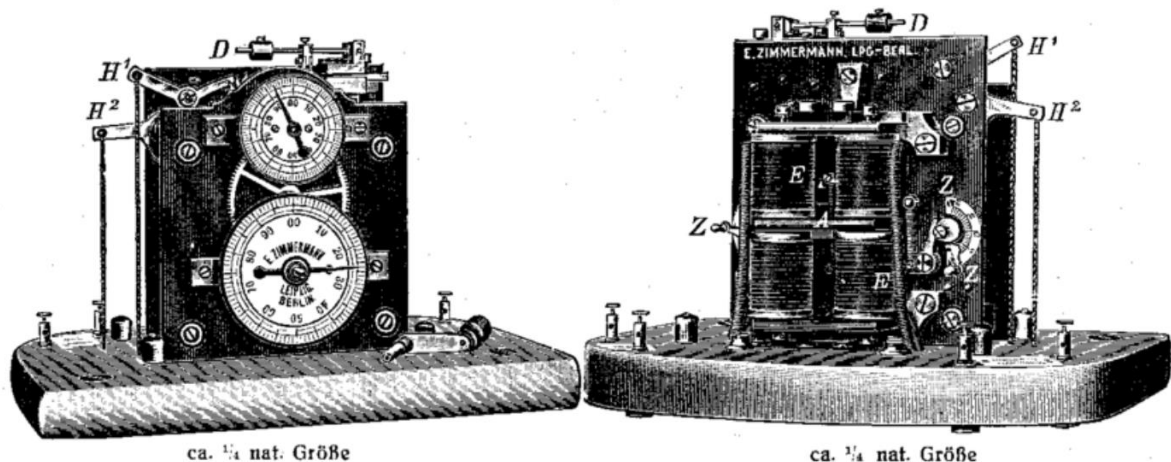
Z tohto vyplýva, že subjekt v teste “Reakčný čas č.3” nečakal dostatočný časový interval na úplnú identifikáciu stimulu, alebo identifikácia bola vadná. Taktiež sa subjekt mohol pokúšať určiť stimul odhadom, čo by znehodnotilo výsledky merania [17].

Napríklad v modeli Kaskadového procesu (Cascade Processing Model), ktorý predstavil americký psychológ James Lloyd McClelland v roku 1979 hovorí, že následný proces začína ešte pred tým, ako je predošlý proces úplne dokončený, tzn. mentálny proces rozhodovania začína ešte pred tým, ako je identifikácia stimulu plne dokončená. Na spustenie následného procesu, predošlý proces nemusí byť plne dokončený. Najprv sa identifikujú základné prvky stimulu a následne sa využíva domnienka a predpoklad, pred tým ako sa proces identifikácie plne ukončí. Je predpokladané, že ľudský mozog spracováva údaje paralelne, na rozdiel napríklad od počítačov, ktoré spracovávajú údaje sériovo [15].

### **1.2.3 Hipp-ov chronoskop (Hipp chronoscope)**

Hippov chronoskop je zariadenie vytvorené nemeckým hodinárom, Mathiasom Hippom v roku 1848 úpravou chronoskopu, ktorý vytvoril britský vedec Charles Wheatstone.

V roku 1842 Charles Wheatstone vytvoril zariadenie nazývané chronoskop, ktoré malo za účel zmerať rýchlosť projektilu vystreleného z hlavne strelnej zbrane. Chronoskop pozostával z 2 ciferníkov, jeden ukazoval sekundy a desatiny sekundy, druhý ukazoval stotiny a tisíciny sekundy, ktoré ovládali zapnutie a vypnutie časovača. Dva ciferníky ovládala spojka, ktorá bola ovládaná pomocou elektromagnetov viz Obrázok 4. Keď sa obvod uzavrel, zariadením začal pretekať prúd, meranie času sa spustilo a keď sa obvod prerušil, prúd zariadením prestal pretekať, zariadenie prestalo počítať. Druhá možnosť bola, že zariadením prúd prebiehal a ciferníky stáli, keď sa obvod prerušil, ciferníky začali počítať čas. Následne keď sa obvod znova uzavrel, zariadením začal pretekať prúd, ciferníky sa zastavili a prestali počítať.



Obrázok 4 - Hippov chronoskop [16]

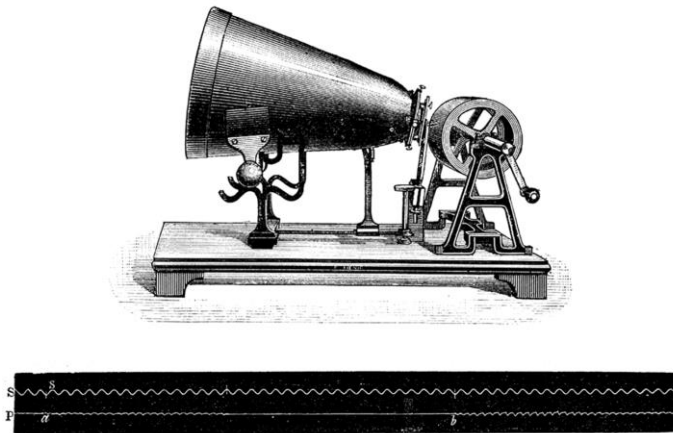
Mathias Hipp zariadenie upravil, a tým rozšíril jeho využitie, ktoré bolo primárne zamerané len na meranie rýchlosti projektilu vystreleného z hlavne strelnej zbrane. Hippov chronoskop sa primárne začal využívať v psychológii na meranie času rôznych fyziologických, psychologických a mentálnych procesov, ktoré dovtedy boli považované za nezmerateľné. Vedci v oblasti psychológie primárne využívali toto zariadenie na meranie reakčného času. Hippov chronoskop bol oceňovaný pre jeho rôznu využiteľnosť a dobrú spoľahlivosť [16].

#### 1.2.4 F. C Doners - visual and audial RT research

F. C. Doners bol taktiež prvým človekom, ktorému sa podarilo zmerať reakčný čas na zvukový stimulus. Pre tento výskum Doners použil zariadenia nazývané neomatachograf a phonautograf. V rôznych literatúrach sú tieto zariadenia opísané rovnakým spôsobom fungovania.

Neomatachograf (alebo teda phonautograf) bolo zariadenie na zaznamenávanie zvukových vln. Pred zariadením sedeli dva subjekty, jeden vydával zvuk, a druhý subjekt na tento zvuk musel reagovať vydaním zvuku. Neomatograf pozostával z kuželovitého zachytávača zvukových vln, ktorý vyzeral ako gramofón viz Obrázok 5. Na úzkom konci tohto kuželovitého zachytávača bola membrána, ku ktorej bola uchytená ihla, ktorá zaznamenávala prichádzajúce zvukové vlny na papier potretý uholným popolom, ktorý bol omotaný okolo točiaceho sa závitú. Jeden zo subjektov vydal zvuk, druhý subjekt musel vokálne reagovať na prezentovaný vokálny stimul vydaný prvým subjektom a následne sa spočítalo o koľko cyklov sa ihla posunula medzi zaznamenaním prvého stimulu a jeho

následnou reakciou. Doners nameral reakčný čas na tento zvukový stimul o hodnote 200 milisekúnd. Potom bol urobený test, kde jeden subjekt vydal jeden z piatich rôznych stimulov a druhý subjekt musel reagovať vydaním rovnakého stimulu. Tieto stimuly pozostávali zo slabík: ka, ke, ki, ko, ku. Nakoniec vypočítali Donersovou odčítacou metódou čas potrebný na identifikáciu stimulu a príslušnou reakciou na stimul, ktorý hodnotovo vychádzal na 40 milisekúnd [18] .



Obrázok 5 – Phonautograf [18]

### 1.2.5 Visual RT research of Max Friedrich

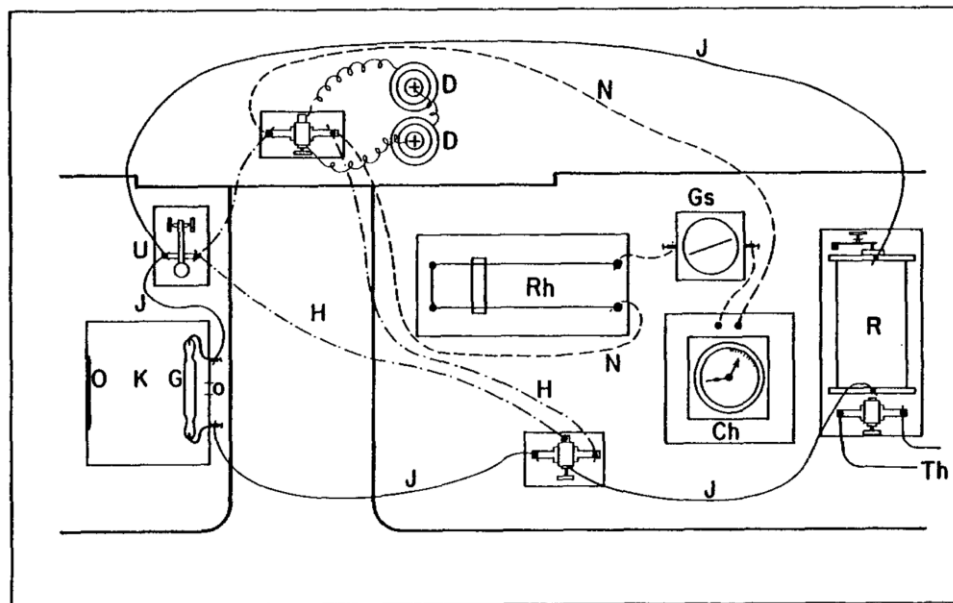
Max Fiedrich bol americký psychológ, ktorý sa ako jeden z prvých začal zaoberať meraním reakčného času z vizuálnych stimulov v roku 1883 vo Wundtovom laboratóriu na meranie psychologických a mentálnych procesov v Leipzigu. Experimenty vykonával pomocou zariadenia chronoskop.

Chronoskop, ktorý Max Friedrich používal, sám opísal viz Obrázok 6. Pozostával z vizuálneho stimulu, ktorý bol umiestnený v tmavej krabici (K) na čiernej stene (O). Subjekt sa pozeral do krabice cez malý otvor (o), vizuálny stimul bol následne rozsvietený pomocou zariadenia nazývané Geißlerova trubica (G). Geißlerova trubica (Geißler tube) je zariadenie, ktoré pozostávalo z nádoby naplnenej plynom pod nízkym tlakom, na koncoch nádoby s plynom boli upevnené elektródy a keď sa do zariadenia pustilo vysoké napätie, nádobou s plynom začal pretekať prúd, ktorý spôsobil elektrický výboj a ten produkoval svetlo. Vysoký prúd ionizoval molekuly plynu a keď sa voľné elektróny spojili naspäť, vyžiarili energiu vo forme svetla. Geißlerová trubica bola pripojená k Rühmkorffovmu induktoru (Rühmkorff inductor) (R), ktorý transformoval nízke napätie na vysoké napätie. Zdroj nízkeho napätia bolo zariadenie nazývané “thermopile” (Th), ktoré pozostávalo z viacerých



termočlánkov, používané na generovanie prúdu. Okrem obvodu s vysokým napätím (J), tiež chronoskop pozostával z obvodu s nízkym napätím (N), ktorý poháňal meracie zariadenie chronoskopu (Ch). Zdrojom tohto obvodu s nízkym napätím bolo zariadenie "Daniell elements" (D), dnes nazývané akumulátor.

Subjekt, ktorý pred zariadením sedel a pozeral do krabice so stimulom, držal tlačidlo telegrafu (U) stlačené. Následne sa uzavrel obvod s vysokým napätím, ktorý rozsvietil Geißlerovú trubicu a zároveň pomocou zariadenia relé (označené otáznikom) spustil aj zariadenie na meranie času. Subjekt po identifikácii stimulu pustil tlačidlo telegrafu (U), tým subjekt zároveň prerušil obvod s vysokým napätím (J) aj obvod s nízkym napätím (N) a to zastavilo zariadenie na meranie času.



Obrázok 6 - Chronoskop Maxa Friedricha [13]

S chronoskopom Max Friedrich taktiež nameral jednoduchý reakčný čas (Basic RT) o hodnote 200 milisekúnd. Následne pomocou Donersovej odpočítavacej metódy zmeral reakčné časy subjektu na 4 stimuly s rôznou farbou, ktoré tvorili interval od 100 do 300 milisekúnd. Max Friedrich meral aj reakčný čas subjektu na rozpoznávanie čísel. Čísla sa skladali z 1-ciferných až 6-ciferných číslic. Pre jednociferné čísla nameral reakčný čas približne 300 milisekúnd a pre šesťciferné to bolo okolo 1,6 sekundy. Samozrejme výsledky sa líšili medzi rôznymi subjektmi [13].

### 1.3 Meranie reakčného času v leteckej doprave

Ľudský faktor je najčastejšia príčina dopravných nehôd, nielen v leteckej doprave, ale v každej forme dopravy. Reakčný čas je jednou z najdôležitejších charakteristík ovplyvňujúce správne rozhodovanie v krátkom časovom intervale. Tieto charakteristiky ovplyvňujú nielen či dôjde k dopravnej nehode, ale taktiež vplyvajú na vážnosť dopravnej nehody a dôsledky, či už materiálne alebo na životoch cestujúcich a ostatných osôb zasiahnutých danou nehodou [3].

Pomocou merania reakčného času nemerame iba rýchlosť mentálneho rozhodovania, ale aj rýchlosť motorických vlastností, tzn. či subjekt vykoná správnu motorickú odpoveď organizmom a aký čas je potrebný pre vykonanie tohto úkonu.

Meranie reakčného času je obzvlášť dôležité u pracovníkov leteckej dopravy, ako pilotov, dispečerov atď., pretože od ich výkonu práce závisí bezpečnosť letu, bezpečnosť posádky, bezpečnosť cestujúcich, ale zároveň aj bezpečnosť pohybu lietadiel mimo letovej fázy. Pracovníci leteckej dopravy musia efektívne spĺňať základné charakteristické vlastnosti ako rýchle plánovanie, vykonávanie nepredvídaných činností a vhodné korekcie, ktoré je nutné vykonávať v kritických situáciách. Nedostatočná rýchlosť a správnosť týchto reakcií má za následok katastrofické a neželané následky [4].

Ľudský mozog dokáže prijímať len jeden podnet simultánne, tzn. človek dokáže riešiť iba jeden problém v danom čase. Naše kognitívne vnímanie nie je schopné vnímať naraz dva alebo viacej externých podnetov. Je prezenčný omyl, že niektorí jedinci dokážu sledovať alebo vykonávať viac ako jednu funkciu simultánne, zatiaľ čo ostatní jedinci sa dokážu plne sústrediť iba na jednu úlohu. Realitou tejto myšlienky je, že naše vedomie rýchlo osciluje medzi dvoma alebo viacerými úlohami a to vytvára ilúziu simultánneho vnímania.

Rýchlosť identifikácie a spracovanie informácie je medzi ľuďmi rôzny. Niektorí jedinci sú schopní identifikovať a spracovať informácie rýchlejšie a efektívnejšie ako iní, preto je meranie reakčného času pre výber vhodných pracovníkov v pracovných odboroch leteckej dopravy dôležitý. V štúdiu „Information complexity: mental workload and performance in combat aircraft” bolo potvrdené, že pri zvýšenej intenzite prijímaných informácií pilotmi začali jedinci prioritizovať niektoré parametre, ostatným venovať redukovanú pozornosť. Taktiež čas na identifikáciu parametrov letu sa so zvýšenou intenzitou prijímania informácií zmenšoval. Týmto začali vznikať chyby pri identifikácii dát, čo sa preukazovalo na oneskorených reakciách úpravy náklonu lietadla. Zo sledovania reakcií očí subjektov taktiež preukázali, že piloti sa viac venovali parametrom

zobrazovanými prístrojmi, zatiaľ čo frekvencia sledovania externých podmienok sa drasticky redukovala [1].

Podľa knihy „Decision-Making Under Stress: Emerging Themes and Applications“ neprávne reakcie sú hlavným výsledkom zvýšením hladiny stresu v človeku. Primárne pri neznámych náhlych situáciách, má hladina stresu tendenciu sa mimoriadne zvýšiť a tak dochádza u človeka zväčšená pravdepodobnosť vzniku chýb vo vykonávaní nevyhnutných procedúr. Ľudský faktor je jedným z hlavných príčin leteckých nehôd. Odhaduje sa že až 70 % leteckých nehôd bolo spôsobených chybnými úkonmi posádky lietadla [2].

Existujú rôzne metódy na zníženie vplyvu negatívnych vlastností zvýšenia stresovej hladiny u človeka. V prípade leteckej dopravy je to opakované tréningovanie týchto nečakaných situácií, pre zvýšenie sebavedomia a povedomia posádky. Štúdie preukázali, že čím je viac človek sebavedomý, tým tieto stresové situácie majú menší vplyv na zvýšenie hladiny stresu u jedinca a teda dochádza k obmedzeniu realizácie nesprávnych úkonov daným jedincom. Taktiež pri opakovanom prežití nečakaných situácií, jedinec nadobúda schopnosti tieto situácie riešiť viac efektívne a zvýšenie hladiny stresu nemá tak vážny prejav na vykonávanie náležitých procedúr. Pravidelný tréning posádok v simulátoroch, umožňuje týmto pracovníkom nadobudnúť spomínané významné vlastnosti. Nakoľko každý človek prežíva stres individuálne, je to jedna z dôležitých vlastností pri uvažovaní o prijatí jedinca na pracovnú pozíciu v obore leteckej dopravy [5].

Pokiaľ vznikne nečakaná neznáma situácia a jedinec sa musí sústrediť na príväť informačných vstupov, môže vzniknúť stav nazývaný „mental overload“ (mentálne preťaženie). Tento stav vzniká v prípade, keď počet informačných vstupov presiahne počet, ktorý je jedinec schopný vnímať. Toto je obzvlášť nebezpečné, keď sa objaví v osobách pracujúcich na pracovných pozíciách, kde ich úkony priamo ovplyvňujú bezpečnosť cestujúcich, alebo ostatných pracovníkov. Pri mentálnom preťažení je stresová hladina značne na vysokej úrovni. Keď k tomuto stavu dôjde, jedinec prestane byť schopný vykonávať racionálne funkcie alebo sa racionálne rozhodovať [8, 12].

## **1.4 Faktory ovplyvňujúce reakčný čas**

Ako sa už zmienilo v predchádzajúcich odstavcoch, hodnota reakčného času je individuálna pre každého jedinca. Reakčný čas človeka sa taktiež počas celého jeho života mení. Najčastejšie študované faktory ovplyvňujúce hodnoty reakčného času u jedincov sú vek a pohlavie jedinca.

Podľa viacerých štúdií, vek je veľkým faktorom, ktorý ovplyvňuje hodnoty reakčného času. Publikovaná štúdia „Factors influencing the latency of simple reaction time“ preukázala, že s vekom sa hodnota výberového reakčného času, teda reakčného času kedy sa jedinec musí rozhodnúť o správnej reakcii na prezentovaný stimul, predlžuje približne o 0.55 ms/rok. Na druhej strane, pre jednoduchý reakčný čas sa táto hodnota skoro vôbec nemení. Zo sledovania subjektov sa ale ukázalo, že sa nepredlžil čas na identifikovanie stimulu, ale iba motorická schopnosť reagovať na daný stimul. Na rozdiel od mladších generácií sa taktiež preukázalo, že jedinci vyššieho veku sa značne viac sústredili na pravdivosť ich reakcií, teda aby reagovali správne. Toto potvrdil aj fakt, že jedinci mladého veku v meraniach robili viac chýb pri motorických odpovediach [6].

Podľa tejto štúdie sa nenašli žiadne významné rozdiely pri sledovaní rozdielu hodnoty reakčného času medzi pohlavím subjektov. Tento faktor je vo väčšej časti rozporuplný, pretože taktiež existujú štúdie, ktoré preukazujú, že ženy majú väčší reakčný čas ako muži. Napríklad v štúdiu „Age and Sex Differences in Reaction Time in Adulthood (2009)“ výsledky rozdielu hodnôt reakčného času medzi mužmi a ženami boli relevantné, s výsledkom, že hodnoty reakčného času u žien sú v priemere vyššie ako u mužov. Jeden zo zistených poznatkov bol tiež, že ženy v priemere uskutočňovali v meraniach menej chýb ako muži [7].

Ďalší z faktorov ovplyvňujúci hodnotu reakčného času je konzumácia kofeínu. Ako je známe, kofeín zvyšuje mentálnu sústredenosť a urýchľuje niektoré mentálne ale aj fyzické procesy v tele. Kofeín potláča vo veľkej miere unavenosť, čo pomáha urýchliť reakčný čas jedinca [9].

Únava je taktiež jedným z faktorov, ktorý ovplyvňuje reakčný čas a správne rozhodovanie sa posádky pri neočakávaných situáciách. Podľa výskumu únava je dôsledkom 4 až 8 % leteckých incidentov. V leteckej doprave je únava a jej vplyv na personál, či už ide o pilotov alebo napríklad leteckých dispečerov značne študovaná. Existujú rôzne faktory, ktoré únave posádky prispievajú, napríklad nedostatok spánku, časový posun pri diaľkových letoch, dlhé časové obdobia kedy sa musí jedinec intenzívne sústrediť, ale taktiež sociálne a osobné mimopracovné problémy. Faktory únavy, ktoré vplývajú negatívne na efektivitu posádky leteckej dopravy sa už sledujú od roku 1920 [10]. Agentúry ako EASA (European Union Aviation Safety Agency) a FAA (Federal aviation administration) vydávajú štandardy, ktoré pracovníci leteckej dopravy musia spĺňať, aby sa obmedzil vplyv faktorov únavy. Tieto štandardy sú napríklad: limitácia minima hodín určených k odpočinku zamestnancov pred ďalším výkonom práce, alebo limitácia maximu hodín, cez ktoré zamestnanci aktívne

pracujú. Tieto pravidlá nie sú však bezchybné a úplne postačujúce, ale sa systematicky upravujú pre zvýšenie bezpečnosti a efektívnosti leteckej dopravy [11].

## 1.5 Súčasný stav vyhodnocovania reakčného času

Na trhu sa v súčasnosti nachádza nedostatočné množstvo zariadení, ktoré sú určené k meraniu hodnoty reakčného času a ešte menšie množstvo zariadení, ktoré slúžia pre testovanie pracovníkov leteckej dopravy. V nasledujúcich kapitolách sú prezentované niektoré existujúce technické riešenia a návrhy zariadení na meranie reakčného času.

### 1.5.1 Fitro Agility

Jedno z týchto zariadení sa nazýva Fitro Agility. Tento prístroj je primárne určený pre vyhodnocovanie reakčného času športovcov a bol vytvorený spoločnosťou FiTRONiC s.r.o.. Zariadenie pozostáva zo štyroch podložiek umiestnených na podlahe viz Obrázok 7.



Obrázok 7 – Prístroj na meranie reakčného času dolných končatín Fitro Agility [20]

Tieto štyri podložky reprezentujú štyri tlačidlové snímače na snímanie prítomnosti dolnej končatiny. Subjekt stojí medzi týmito štyrmi snímačmi a reaguje na vizuálny stimul, ktorý sa zobrazí pred nim na zobrazovacom zariadení. Subjekt podľa reprezentovaného stimulu stlačí požadovaný snímač dolnou končatinou. Počítač meria čas medzi zobrazením vizuálneho stimulu a aktiváciou jedného zo snímačov, tzn. prístroj meria jednoduchý reakčný čas dolných končatín. Test pozostáva z troch sérii testov s prezentovaním šesťdesiatich náhodných vizuálnych stimulov. Tieto štyri snímacie plochy sú voľne rozložiteľné

pre možnosť úpravy ich pozície, ktorých poloha je závislá na športe ktorý subjekt vykonáva. Taktiež je možnosť umiestnenia dvoch snímacích plôch na stôl, čo prezentuje možnosť merať reakčný čas horných končatín a zároveň aj reakčný čas dolných končatín [20].

### 1.5.2 Fitro Reaction

Spoločnosť FiTRONiC s.r.o. taktiež vytvorilo zariadenie pre meranie reakčného času horných končatín. Toto zariadenie sa nazýva Fitro Reaction a pozostáva zo štyroch tlačidiel, ktoré sú umiestnené pred subjektom viz Obrázok 8. Tieto štyri tlačidlá fungujú ako snímače na meranie rýchlosti reakčného času medzi reprezentovaním vizuálneho stimulu a následným stlačením požadovaného tlačidla. Prístroj taktiež meria iba jednoduchý reakčný čas subjektu na vizuálny stimul. Štyri tlačidlá sú pripojené pomocou rozhrania USB k počítaču, ktorý na zobrazovacej ploche prezentuje predom definované stimuly. Je možnosť nastavenia farby týchto stimulov (červená, zelená, modrá, žltá), ale taktiež ich tvar (kruh, krížik, štvorec, trojuholník). Zariadenie je určené primárne na testovanie reakčného času športovcov [21].

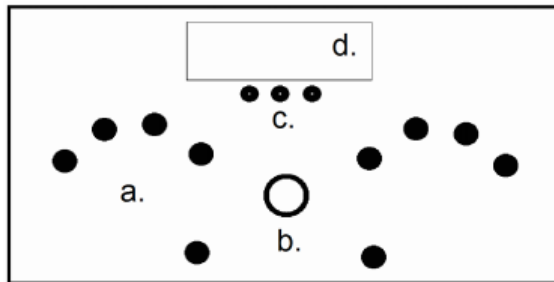


Obrázok 8 - Zariadenie na meranie reakčného času horných končatín Fitro Reaction [21]

### 1.5.3 Michal Bohuš – Přístroj pro měření reakční doby

Ďalšie prezentované zariadenie bolo navrhnuté v roku 2013 na Fakulte elektroniky a komunikačných technológií, Ústav rádioelektroniky, Vysoké učení technické v Brne, ktoré bolo témou bakalárskej práce „Přístroj pro měření reakční doby“ a jej autorom bol Michal Bohuš. Toto zariadenie slúžilo na meranie reakcií prstov rúk subjektu na prezentovaný stimul. Zariadenie je schopné merať hodnotu reakčného času na vizuálny stimul a taktiež na zvukový stimul. Zariadenie pozostáva z dvoch častí, časť na prezentovanie stimulu a časť na snímanie reakcie viz Obrázok 9. Na prezentovanie

stimulu slúži panel (d.), ktorý pozostáva z piatich diód RGB na prezentovanie vizuálneho stimulu a dvoch reproduktorov na prezentovanie zvukového stimulu. Časť prístroja na snímanie reakcií pozostáva z piatich tlačidiel na oboch stranách konštrukcie a každé tlačidlo je priradené k jednému prstu na ruke. Pomocou tohto zariadenia je schopné zmerať hodnotu jednoduchého reakčného času, výberového reakčného času a taktiež hodnotu selektívneho reakčného času [22].



Obrázok 9 – Prístroj pro měření reakční doby [22]

#### 1.5.4 Push Button Reaction Switch

Jedno zo zariadení dostupné na trhu je „Push Button Reaction Switch“ vyrobené spoločnosťou Data Harvest Group Ltd. vo Veľkej Británii. Spomínaná spoločnosť sa primárne venuje výrobou zariadení pre použitie v školskom prostredí na prezentovanie učebnej látky. Zariadenie pozostáva z jedného tlačidla a diódy RGB viz Obrázok 10.

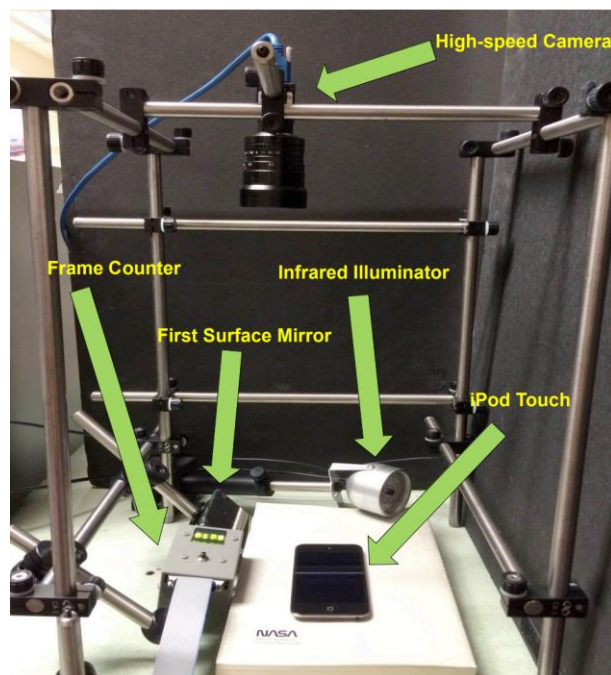


Obrázok 10 - Push Button Reaction Switch [23]

Toto zariadenie sa pripája do kompatibilného zariadenia na spracovávanie dát pomocou rozhrania 3.5 mm Jack. Zariadenie je konštruované tak, aby bol subjekt schopný zariadenie držať v jednej ruke a prirodzene mať palec na tlačidlo. Pomocou tohto jednoduchého dizajnu sa dá zmerať jednoduchý reakčný čas na vizuálny stimul [23].

### 1.5.5 Meranie reakčného času pomocou mobilného zariadenia

Existuje viacero aplikácií dostupných na obchodoch platfórm Android a IOS. Tieto aplikácie vedia zmerať iba jednoduchý reakčný čas človeka a sú obmedzené parametrami zariadenia ako aj samotnou dotykovou obrazovkou. Štúdiu na spoľahlivosť merania reakčného času vykonala NASA s názvom „Measurement of Visual Reaction Times using Hand-held Mobile Devices”, kde testovali správnosť hodnoty reakčného času na zariadení iPod Touch, pomocou ich vytvorenej aplikácie. Zariadenie iPod Touch nahrávala kamera s rýchlosťou natáčania 500 snímkov za sekundu a vedľa zariadenia bolo umiestnené zrkadlo, ktoré umožňovalo bočný pohľad na obrazovku a vzdialenosti prsta od obrazovky viz Obrázok 11.



Obrázok 11 – Aparát štúdie *Measurement of Visual Reaction Times using Hand-held Mobile Devices* [24]

Vizuálny stimul predstavoval biely štvorec v strede obrazovky. Keď bol vizuálny stimul zobrazený, subjekt sa mal dotknúť prstom obrazovky. Táto štúdia preukázala, že hodnota reakčného času zmeraná zariadením bola dlhšia o 80 +/- 20 milisekúnd od ich pozorovania dotyku prstu obrazovky. Taktiež je podotknuté, že kalibrácia je nutná pre každý typ zariadenia na presné vyhodnocovanie reakčného času [24].



## **1.6 Limitácia súčasného stavu vyhodnocovania reakčného času**

Predstavené zariadenie v tejto bakalárskej práci, na rozdiel od zariadení na meranie reakčného času dostupných na trhu, je schopné merať jednoduchý reakčný čas a výberový reakčný čas. Navrhnutý prístroj meria reakčný čas horných končatín, ale aj dolných končatín, čo je obzvlášť dôležité nielen pre meranie reakčného času záujemcov o vykonávanie pracovnej činnosti pilota, ale taktiež potencionálne pravidelné testovanie pilotov v rámci pravidelných zdravotných prehliadok.

Hlavný zámer pre vývoj tohto zariadenia je jeho prenosnosť, ľahká váha zariadenia a taktiež jeho jednoduchosť pripojenia. Na správne fungovanie zariadenia je potrebný iba počítač s možnosťou pripojenia pomocou portu USB-A a program na zobrazovanie nameraných hodnôt. Osoba merajúca reakčný čas subjektu nemusí mať nijakú špecializáciu na ovládanie tohto prístroja. Prístroj bol totiž navrhnutý, aby bol ovládateľný aj laikom a výsledok je zobrazený okamžite po každom meraní. Dve časti sú spojené odpojiteľným konektorom, čo zaisťuje jednoduchosť prenášania a uskladnenia prístroja. Taktiež je možnosť merať reakčný čas samostatne iba horných končatín, nakoľko nie sú na sebe komponenty závislé.

## 2 METODIKA

### 2.1 Postup pri vývoji

Pomocou vývojového prostredia Tinkercad, vytvorený spoločnosťou Autodesk Inc, bolo možné virtuálne navrhovať a modelovať jednoduché systémy, z ktorých sa odvíjal finálny dizajn navrhovaného zariadenia na meranie reakčného času.

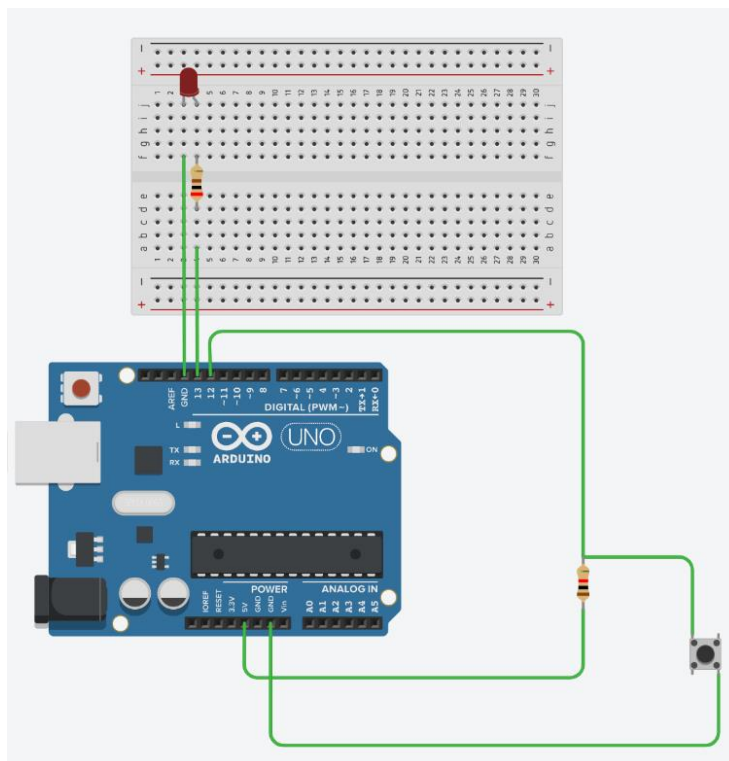
Zvolená základná doska bola mikrokonektorová vývojová doska Arduino Uno. Produkty spoločnosti Arduino boli zvolené, pre ich dostupnosť na trhu, pre jednoduchosť kódovacieho prostredia a pre ich vysokú popularitu.

Program Tinkercad využíva jednoduché vizualizačné prostredie a knižnicu so základnými elektrickými komponentami. Každý komponent v tejto knižnici je navrhnutý tak, aby čo najviac pripomínal reálny komponent vo fyzickej forme. Toto urýchlilo schopnosť zapájania obvodov a výberu správnych komponentov. Program Tinkercad navyše obsahuje vo svojej knižnici vývojovú dosku Arduino UNO a kódovacie prostredie pre túto vývojovú dosku, čo umožnilo postupne zlepšovať dizajn a spôsob zapojovania súčiastok a písania kódu.

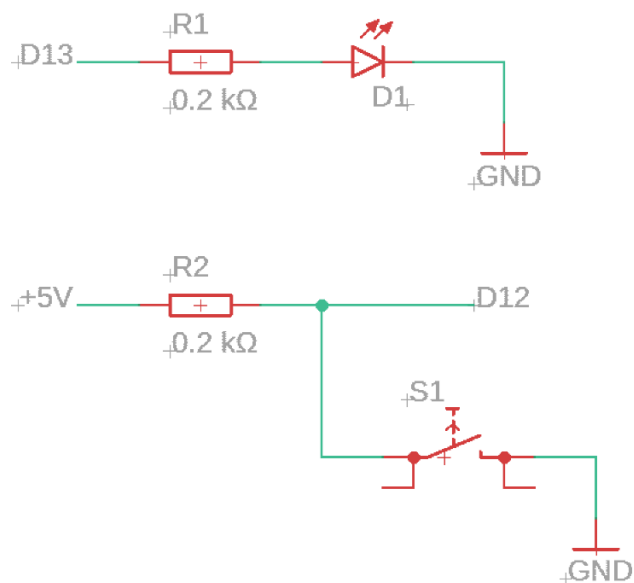
Pre správne fungovanie zariadenia sú potrebné dve základné funkcie. „Void-setup“ je základná funkcia na zadávanie premenných, definovania úloh pinov a zadanie základných parametrov systému, ako napríklad, na akej frekvencii bude systém prebiehať. „Void-loop“ následne slúži na zadávanie príkazov, ktoré bude systém vykonávať.

#### 2.1.1 Návrh č.1

Prvý úspešný dizajn prístroja pozostával z vývojovej dosky Arduino UNO, LED diody a mikrosopínača viz Obrázok 12 a 13. Išlo o vytvorenie systému, ktorý rozsvietil LED diodu a spustil časovač na meranie reakčného času. Keď testovací subjekt zaregistroval rozsvietenie diódy, stlačil tlačidlo. Systém následne ukončil časovač, zobrazil nameranú časovú hodnotu na obrazovku a ako potvrdenie správneho stlačenia LED diódu zhasol. Všetky procesy boli realizované pomocou funkcie IF, ktorej jednoduchosť a primitivita vyhovovala takto jednoduchému systému. Frekvencia, alebo taktiež rýchlosť počtu prenosov za sekundu bola zvolená na hodnotu 9600, čo je najčastejšie používaná hodnota pri tvorbe takýchto systémov. Jej hodnota taktiež ovplyvňuje presnosť merania reakčného času, ktorú pozorujeme. Meranie času bolo realizované pomocou príkazu „millis“, ktorý zaznamená hodnotu času v realizácii príkazu. Táto časová hodnota je vo forme milisekúnd.



Obrázok 12 - Grafické zobrazenie návrhu č.1



Obrázok 13 - Schematické vyjadrenie návrhu č.1

Jedna hodnota bola zaznamenaná, keď sa LED dióda rozsvietila a druhá hodnota bola zaznamenaná v okamžiku stlačenia tlačidla. Následne sa tieto hodnoty odpočítali a vyšiel nám čas potrebný subjektu na zaregistrovanie vizuálneho stimulu a vykonanie akcie

stlačenia tlačidla. Pomocou príkazu „Serial.println“ odošleme požadované dáta (v našom prípade časovú hodnotu) z Arduino dosky do počítača, kde sa nám zobrazí na serial monitore. Po odoslaní hodnoty program čaká po dobu 2 sekundy a začína odznova.

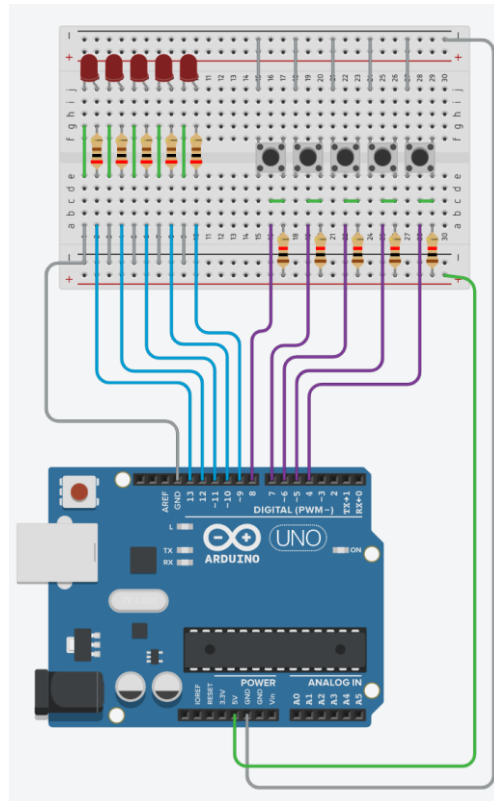
Už od prvého návrhu tohto zariadenia bol zvolený dizajn tak, že pin ku ktorému je pripojené tlačidlo paralelne, bude od začiatku testu pod napätím. Keď subjekt stlačí mikrosplnač, uzemní obvod a na pine bude napätie blízke 0V, čo znamená, že pin bude mať logickú hodnotu 0 (alebo LOW).

### 2.1.2 Návrh č.2

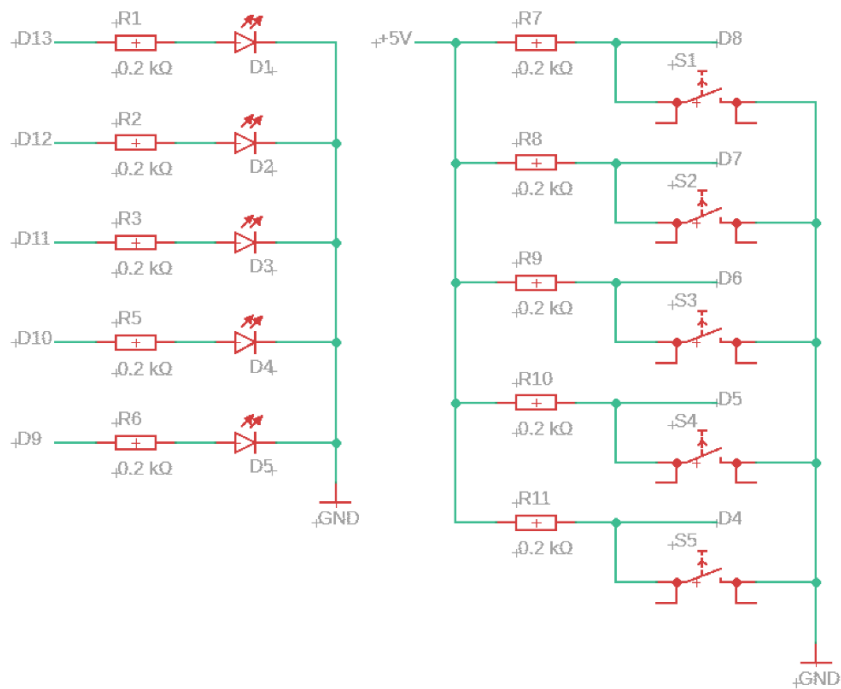
Nasledujúca verzia dizajnu pozostávala z piatich mikrosplnačov a piatich LED diód viz Obrázok 14 a 15. Tieto mikrosplnače predstavovali tri tlačidlá na meranie reakčného času horných končatín a 2 tlačidlá na meranie reakčného času dolných končatín prítomné na dizajne finálneho navrhovaného zariadenia. Každá LED dióda prislúchala k jednému mikrosplnaču. LED diódy a mikrosplnače boli umiestnené pod sebou, aby subjekt vedel, ktorý mikrosplnač patrí ku ktorej dióde. V tomto návrhu bolo za potrebu implementovať funkciu náhodného výberu jedenej z LED diód. Pri otvorených všetkých mikrosplnačoch (žiadny mikrosplnač nie je stlačený) bolo napätie na všetkých pinoch pripojených k nim 5V. Jeden z problémov tohto návrhu bol, že keď subjekt stlačil ktorýkoľvek splnač, uzemnil celý obvod a na všetkých pinoch bola hodnota napätia 0V. Týmto program nevedel vyhodnotiť, či bol stlačený správny mikrosplnač, lebo keď subjekt stlačil iba jeden, prejavilo sa to ako keby stlačil všetky. Toto sa dialo z dôvodu, že všetky mikrosplnače boli napájané z jedného zdroja. Pomocou uloženia jedného rezistora pred každý mikrosplnač, ktorý obvod spájal so zemou, sa tento problém podarilo eliminovať.

Z druhého návrhu bol následne zostrojený miniatúrny fyzický prototyp, na ktorom sa overovala správnosť kódu, pretože pri viacerých komponentoch internetový vývojový program Tinkercad sa začína spomaľovať. Tento prototyp pozostával z vývojovej dosky Arduino UNO a kontaktného poľa, ktoré obsahovalo LED diódy, rezistory a mikrosplnače.

Nakoľko zložitejšie návrhy vyžadujú viac „output“ pinov a „input“ pinov, celý systém sa do programu Tinkercad navrhnuť nedá. Program Tinkercad má limitáciu iba na vývojovú dosku Arduino UNO a nepodporuje iné zložitejšie viacpinové vývojové dosky ako Arduino MEGA, ktorá bude umiestnená do finálneho prototypu zariadenia na meranie reakčného času. Nakoľko navrhovanie v programe Tinkercad je bezpečnejšie ako skúšanie týchto dizajnov vo fyzickej forme, boli postupne konštruované jednotlivé časti tohto prístroja, z ktorých poznatky boli nakoniec využité pri výstavbe a konštrukcii finálneho prototypu.



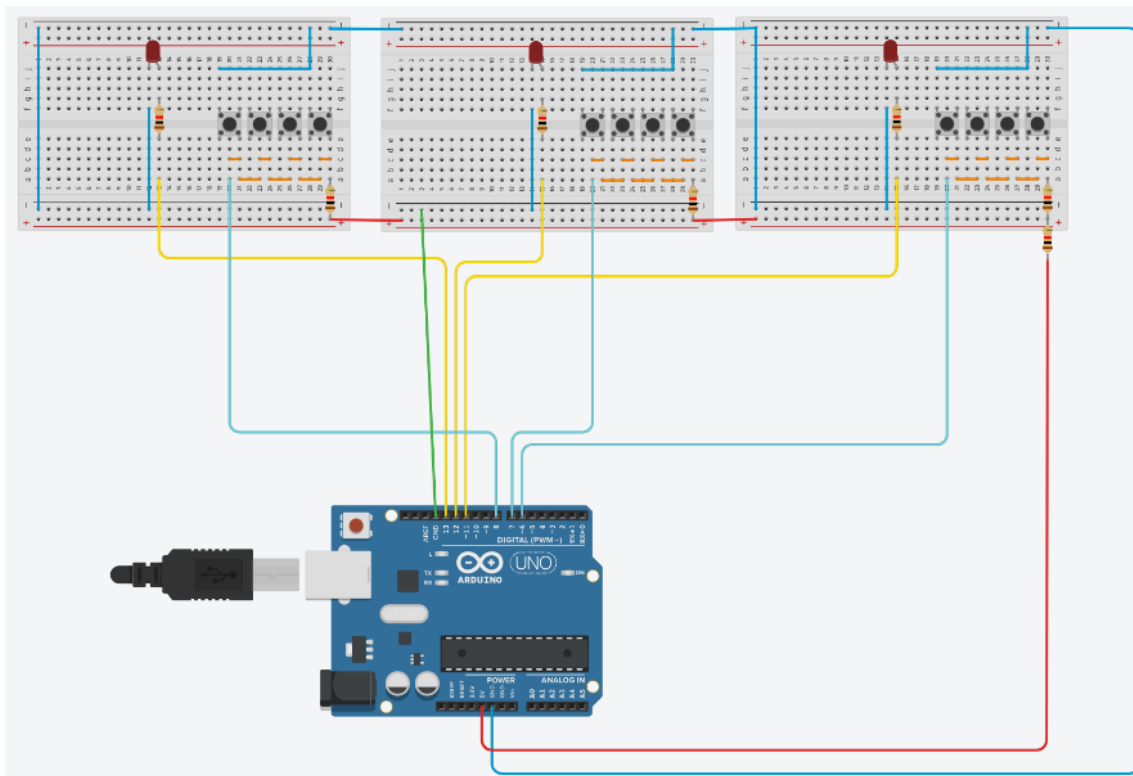
Obrázok 14 - Grafické zobrazenie návrhu č.2



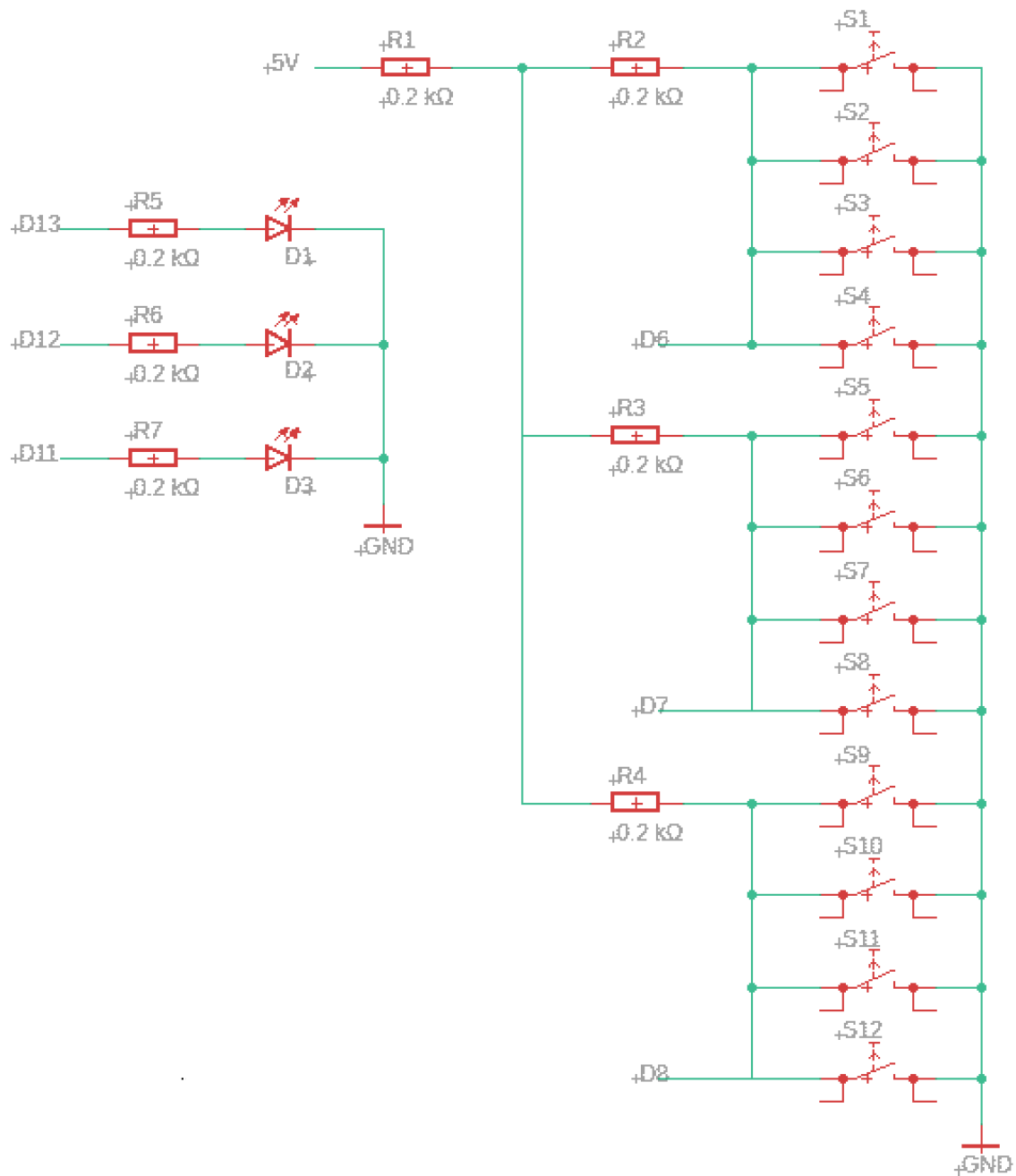
Obrázok 15 - Schematické vyjadrenie návrhu č.2

### 2.1.3 Návrh č.3

Tretí prototyp pozostával z naprogramovania troch tlačidiel, z ktorých každé pozostávalo zo štyroch mikroprocesorov a troch LED diód viz Obrázok 16 a 17. Pre zvolený dizajn finálneho zariadenia bolo potrebné, aby stačilo aktivovať jeden mikrosplínač na registráciu stlačenia. Toto znamenalo, že mikrosplínače musia byť zapojené paralelne, čo zaistilo, že aj pri stlačení iba jedného mikrosplínaču, obvod bude uzemnený a teda bude zaregistrované stlačenie tlačidla.



Obrázok 16 - Grafické zobrazenie návrhu č.3 [vlastné spracovanie]

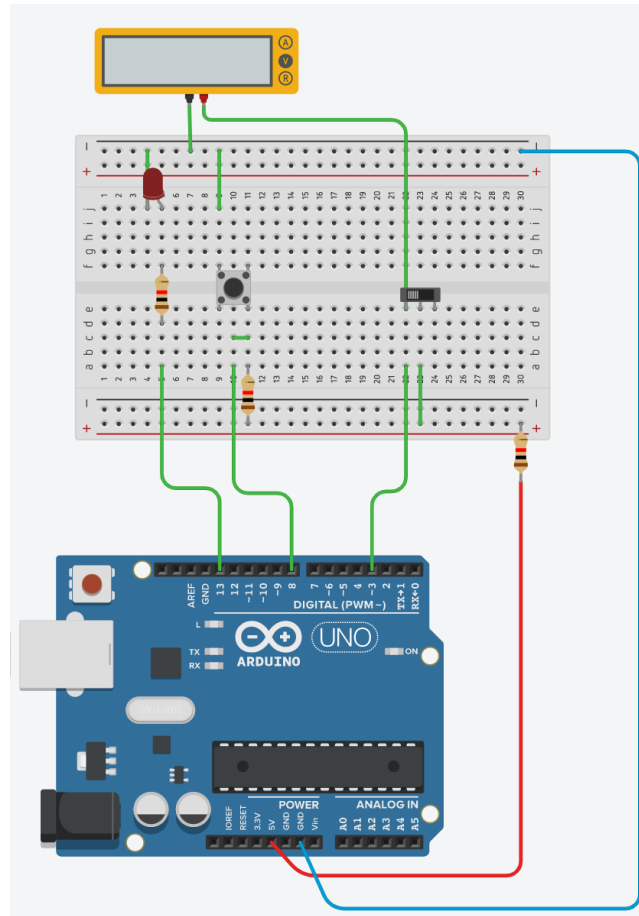


Obrázok 17 - Schematické vyjadrenie návrhu č.3

#### 2.1.4 Návrh č.4

Štvrtý návrh sa zaoberal zapojenia panelov na sledovanie polohy horných končatín viz Obrázok 18 a 19. Tieto panely boli v programe Tinkercad replikované pomocou dvojpohových spínačov. Tento dvojpohový spínač fungoval na rovnakom princípe ako

zapojenie mikrosplínačov, a to tak, že keď končatina nebola prítomná na paneli, na príslušnom pine bola hodnota napätia 5V, čiže logická hodnota pinu bola 1 (alebo HIGH).

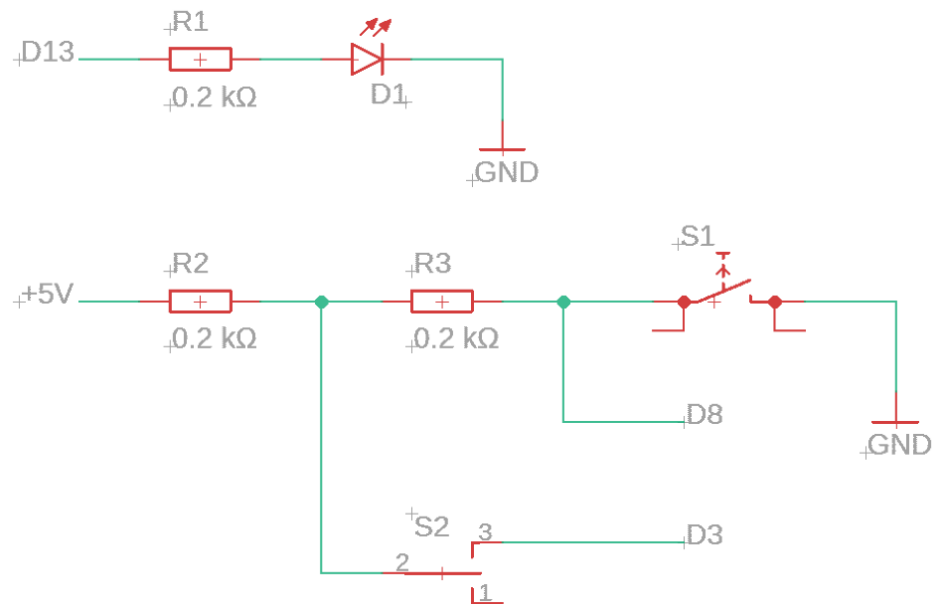


Obrázok 18 - Grafické zobrazenie návrhu č.4

Položenie subjektivej končatiny na panel sa replikovalo uzavretím dvojpolohového spínaču, čo obvod uzemnilo a na príslušnom pine bola hodnota napätia 0V, čiže logická hodnota pinu bola 0 (alebo LOW). Nakoľko vznikol tento medzi krok v systéme, funkciu IF už nebolo praktické používať. Keďže vieme, v akom poradí očakávať akcie testovacieho subjektu, bola použitá funkcia WHILE. Funkcia WHILE vykonáva interný proces opakovane, až kým nie je určitá podmienka splnená a až potom pokračuje systém na ďalší príkaz. Vieme, že po rozsvietení LED diody, program zaznamená prvú časovú hodnotu v tomto okamžiku a následne čaká na uvoľnenie panelu na snímanie polohy hornej končatiny. Akonáhle program zaregistruje uvoľnenie panelu na snímanie hornej končatiny, program zaznamená druhú časovú hodnotu tohto okamžiku. Vieme, že program má ďalej očakávať stlačenie tlačidla. V okamžiku stlačenia tlačidla, zaznamená tretiu časovú hodnotu tohto okamžiku a ako potvrdenie správneho stlačenia tlačidla, LED diódu zhasne.



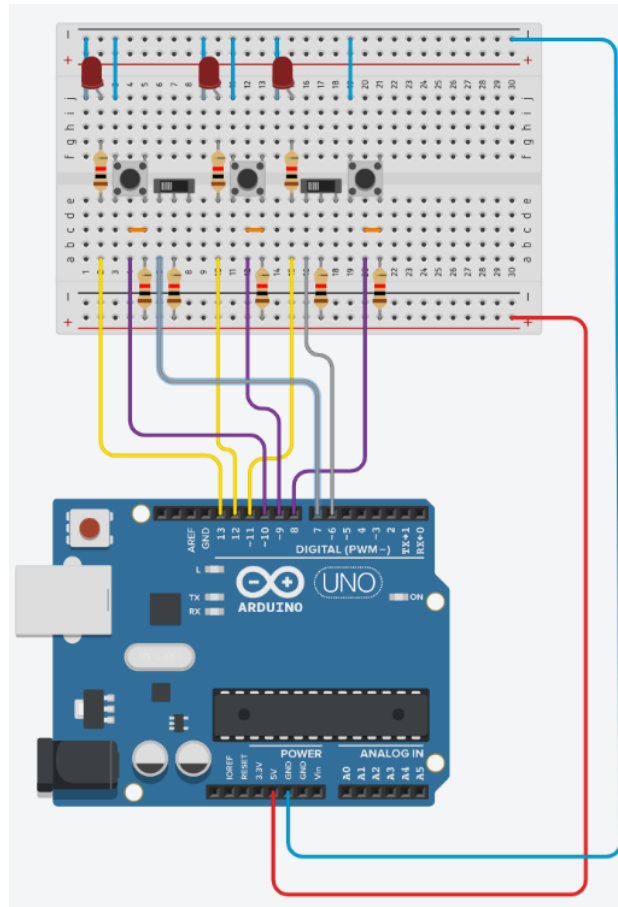
Rozdielom druhého časového okamžiku a prvého časového okamžiku dostaneme čas medzi prezentáciou vizuálneho stimulu (rozsvietením LED diódy) a uvoľnenie panelu na snímanie polohy hornej končatiny. Rozdielom tretieho časového okamžiku a druhého časového okamžiku dostaneme čas medzi uvoľnením panelu pre snímanie polohy hornej končatiny a stlačenia tlačidla. Pomocou funkcie WHILE sa tieto viacstupňové procesy dajú veľmi jednoducho vykonávať.



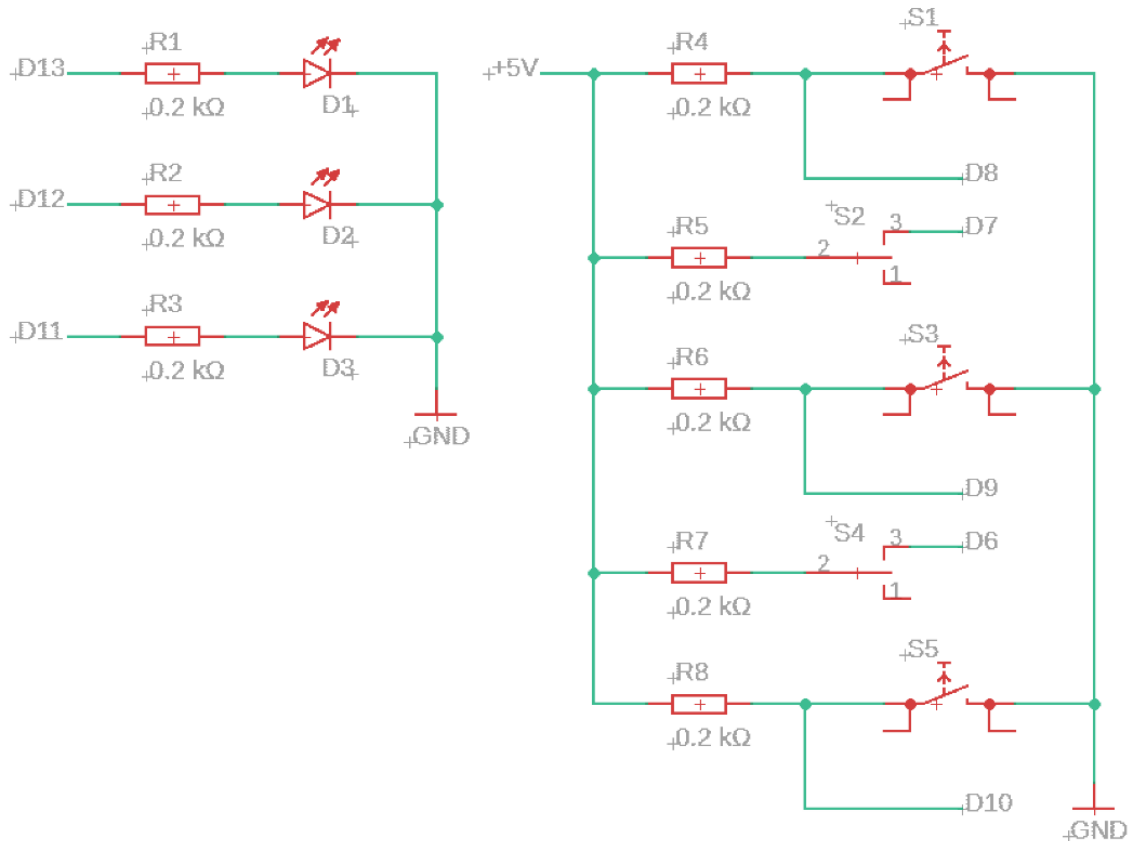
Obrázok 19 - Schematické vyjadrenie návrhu č.4

### 2.1.5 Návrh č.5

Piaty návrh pozostával z finálneho usporiadania komponentu na meranie reakčného času horných končatín viz Obrázok 20 a 21. Tento systém pozostával z troch LED diód, troch mikrospínačov, ktoré reprezentovali tri hlavné tlačidlá na finálnom prístroji a dvoch dvojpohových spínačov, ktoré reprezentovali panely na snímanie polohy horných končatín. Napriek tomu, že zapojenie ostáva zo štvrtého dizajnu iba mierne pozmenené, kód programu sa nám značne komplikuje, nakoľko každý z troch možných reakcií, má iný postup. V piatom návrhu musela byť okrem funkcie WHILE použitá aj funkcia IF. Keď program náhodne zvolí LED diódu ktorá sa rozsvieti, pomocou funkcie IF program nájde správny proces, ktorý má vykonať pre danú LED diódu. Keď pomocou funkcie IF nájde program správny proces, ktorý má vykonať, pomocou funkcie WHILE následne bude očakávať správnu reakciu od testovaného subjektu.



Obrázok 20 - Grafické zobrazenie návrhu č.5



Obrázok 21 - Schematické vyjadrenie návrhu č.5

### 2.1.6 Návrh č.6

Šiesty návrh, bol finálny návrh zariadenia stvorený pomocou vývojového prostredia Tinkercad. Súčasťou tohto návrhu boli použité už RGB diódy namiesto LED diód, aby kód mohol byť pripravený na jeho pred-finálnu verziu. Tento systém pozostával z troch RGB diód, piatich mikrosplínačov, ktoré reprezentovali tri hlavné tlačidlá na komponente pre meranie reakčného času horných končatín a dva pedále na komponente pre meranie reakčného času dolných končatín a taktiež obsahoval dva dvojpolohové spínače ktoré reprezentovali panely na snímanie polohy horných končatín. V tomto typu návrhu sa kód ešte o trochu skomplikoval. Nakoľko sa v predošlých návrhoch nevyskytovali pedále, bolo ich potreba zdefinovať aj do kódu. Táto časť kódu bola rozdielna od snímania stlačenia troch hlavných tlačidiel, pretože v prípade požadovaného pedálu, subjekt musí nechať horné končatiny položené na paneloch snímajúce polohu horných končatín a stlačiť pedál. Tento dizajn bol posledný vytvorený pomocou programu Tinkercad, nakoľko spomalenie programu pri vykonávaní zadaných funkcií sa blížilo k stavu nepoužiteľnosti. V prítomnom

dizajne jedna sekunda simulácie, ktorá prebehla v programe Tinkercad, trvala približne dvadsaťštyri sekúnd v reálnom čase.

## 2.2 Opis prístroja

Navrhnutý systém pozostáva z dvoch základných častí. Prvá časť prístroja slúži na meranie reakčného času horných končatín subjektu a pozostáva z troch tlačidiel a dvoch referenčných plôch. Druhá časť prístroja slúži na meranie reakčného času dolných končatín subjektu a pozostáva z dvoch pedálov.

### 2.2.1 Horné končatiny

Prvá časť prístroja slúži na meranie reakčného času horných končatín subjektu viz Obrázok 22. Tento komponent pozostáva z troch hlavných tlačidiel (1), ktoré boli skonštruované z priehľadného materiálu. Priehľadný materiál bol použitý pre možnosť umiestnenia RGB diódy, do každého tlačidla. Pomocou RGB diód umiestnených v tlačidlách sa prezentuje vizuálny stimul subjektu. Každé z troch tlačidiel (1) zapadá do štyroch mikrospínačov, ktoré sú zapojené v sérii. To znamená, že stačí aby jeden zo štyroch mikrospínačov bol zaktívovaný na registráciu stlačenia tlačidla. Keby došlo k poškodeniu jedného z týchto štyroch mikrospínačov, systém je stále schopný správneho fungovania. Tieto mikroprocesory sú upevnené na kostre komponentu na meranie reakčného času horných končatín, ktorá je taktiež nosným prvkom mikroprocesora.

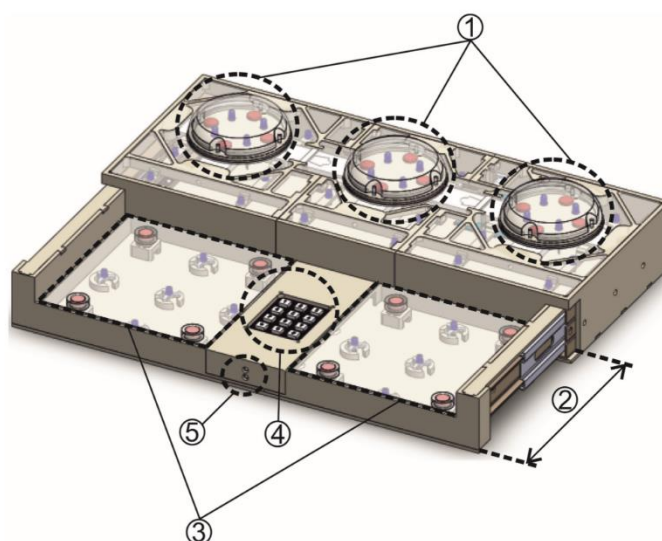
Súčasťou komponentu sú taktiež dva panely (3), slúžiace na snímanie polohy horných končatín počas testu. Tieto panely sú umiestnené na 4 mikrospínačoch, ktoré sú taktiež sériovo zapojené. Panely sú umiestnené na pohyblivej konštrukcii(2), ktorá je upevnená k nosnej konštrukcii pomocou posuvných líšt. Pri manipulovaní zariadením sa dajú tieto referenčné dosky zasunúť dnu do prístroja. Tento dizajnový prvok slúži k zaisteniu kompaktnosti systému pri jeho prenose. Medzi panelmi na snímanie polohy horných končatín je vbudovaná taktiež numerická klávesnica(4). V pôvodnom návrhu mal byť pod klávesnicou (4) zapojený 3.5 mm jack, ku ktorému sa mal zapojiť čip na meranie myoelektrického potenciálu na snímanie kontrakcie svalov horných končatín, ale tento prvok nie je v súčasnom prototypu zabudovaný.

Každé z 3 hlavných tlačidiel je konštruované v tvare polgule a je usadené na štyroch mikrospínačoch, ktoré sú zapojené v sérii. Toto subjektu umožňuje stlačiť tlačidlo z rôzneho uhlu a sériové zapojenie mikrospínačov zaisťuje, že čo i len jeden z mikrospínačov

je stlačený, program zaregistruje reakciu. Všetky mikrosplínače sú napojené na obvod, ktorým neustále prebieha elektrický prúd, a zároveň sú napojené na zem. Keď dojde k uzavretiu obvodu cez mikrosplínač so zemou, obvod sa uzemní a napätie bude mať hodnotu blízku nule. Medzi zdrojom napätia a pinom v Arduino doske je obvod uzavretý a napätie má hodnotu 5V. Pin v Arduino doske zaznamenáva túto hodnotu ako logickú hodnotu 1 (alebo HIGH), čo znamená, že obvodom preteká napätie a teda tlačidlo je v polohe „nestlačené“. Pri stlačení tlačidla sa daný obvod uzemní a napätie bude mať hodnotu blízku 0V, pin zaznamená túto hodnotu ako logickú hodnotu 0 (alebo LOW) a to znamená, že tlačidlo bolo stlačené.

Obvod s tlačidlom je stále pod napätím, aby sa overovalo, či v obvode nieje chyba z dôvodu možnosti poškodeného spoja alebo chybného zapojenia.

Hlavnou časťou systému je mikroprocesor Arduino MEGA. Všetky elektrické komponenty systému sú pripojené k tomuto mikroprocesoru. Zo zariadenia vedie kábel s konektorom USB – A, ktorý zaisťuje jednoduché pripojenie k počítaču. Zariadenie nevyžaduje žiadne externé pripojenie do elektrickej siete, čo zaisťuje použiteľnosť zariadenia nezávisle na prostredí, v ktorom je využívané.



Obrázok 22 - Komponent na meranie reakčného času horných končatín [14]

## 2.2.2 Dolné končatiny

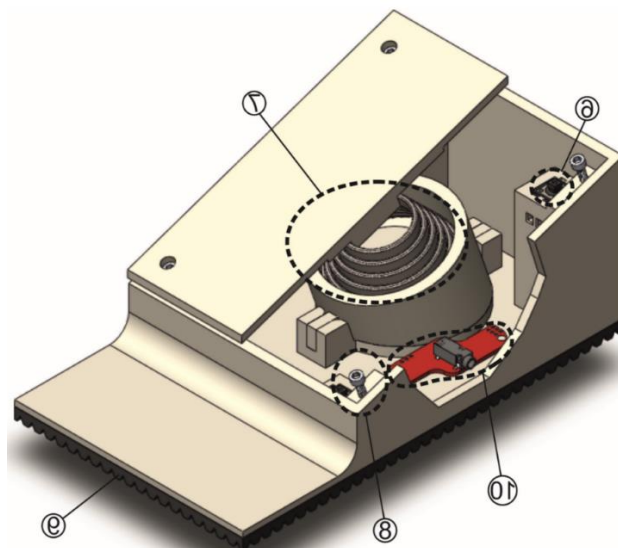
Komponent na meranie reakčného času dolných končatín pozostáva z dvoch pedálov viz Obrázok 23. Tieto pedále pozostávajú z plastovej konštrukcie, v ktorej sa nachádza mikrosplínač (6), ktorý sníma stlačenie pedála. Pedále sú udržiavané v polohe „vysunuté“

pomocou pružiny (7), ktorá taktiež zabraňuje neúmyselnému stlačeniu mikrospínaču. Pedále sú spolu fixne upevnené a sú prepojené s hlavnou časťou zariadenia pomocou rozpojovacieho konektoru, ktorý slúži na jednoduché odpojenie komponentu pre meranie reakčného času dolných končatín od komponentu na meranie reakčného času horných končatín, pre ich jednoduché prenášanie a skladovanie.

Pedále na meranie reakčného času dolných končatín sú konštruované v prirodzenom sklone  $20^\circ$  od horizontálnej hladiny pre pohodlné umiestnenie chodidiel počas merania. Pre zaregistrovanie stlačenia pedálu, subjekt musí pedál stlačením skloniť o  $2,5^\circ$  smerom k horizontálnej hladine, čím sa aktivuje mikrospínač. Pre ochranu mikrospínaču, sú na vnútornej strane konštrukcie inštalované bloky, ktoré zabraňujú väčšiemu stlačeniu pedálu ako o spomínaných  $2,5^\circ$ . Konštrukcia prístroja berie do úvahy rôznosť hmotnosti a svalovej schopnosti subjektov, z toho dôvodu je pružina umiestnená na posuvnom ihlane, ktorý sa môže posúvať po osi rovnobežne s zvyšujúcim sa gradientom pedálu. Pri posúvaní pružiny môžeme znižovať alebo zvyšovať hodnotu odporových síl voči chodidlu. Čím bližšie posunieme pružinu k priesečníku horizontálnej roviny a naklonenej roviny pedálu, tým sa bude veľkosť odporových síl zvyšovať a vice versa (čím ďalej posunieme pružinu od priesečníku horizontálnej roviny a naklonenej roviny pedálu, tým sa bude veľkosť odporových síl znižovať). Pre prepojenie konštrukcie ľavého pedálu a konštrukcie pravého pedálu je použitá spojovacia lišta.

Pre jednoduchosť konštrukcie pedálov, je zvolený trochu iný spôsob zapojenia, na rozdiel od hlavných tlačidiel na časti prístroja pre meranie reakčného času horných končatín. Pin, ktorý sleduje veľkosť napätia je naprogramovaný v móde INPUT\_PULLUP. Pomocou interného rezistoru v doske Arduino MEGA je na pine napätie 5V. K pinu je následne pripojený mikrosnímač umiestnený v pedáli, ktorý je pripojený na zem. V prípade, že pedál je v polohe „nestlačený“, mikrospínač je otvorený a pin zaznamenáva logickú hodnotu 1 (alebo HIGH). V prípade stlačenia pedálu a aktivovania mikrospínaču, sa obvod uzemní, a na pine bude hodnota napätia blízka 0V. Pin toto zaznamená ako stlačenie pedálu a program zaznamená časovú hodnotu tohto stlačenia.

Súčasťou pôvodného návrhu bol aj čip na meranie myoelektrického potenciálu (10), ktorý mal snímať kontrakcie svalov. Tento snímač ale nie je v súčasnom prototypy zabudovaný.



Obrázok 23 - Komponent na meranie reakčného času dolných končatín [14]

### 2.2.3 Software

Položením oboch horných končatín na panely, určené na sledovanie polohy horných končatín, sa proces na meranie reakčného času automaticky spustí. V prípade nesprávneho uloženia horných končatín alebo nezaregistrovanie ich prítomnosti, systém proces merania nespustí a bude čakať na ich správne uloženie. Medzi uložením horných končatín na panel a prezentovaním vizuálneho stimulu je časový interval, ktorý slúži na prípravu subjektu pred testom. Tento časový interval je variabilný podľa potreby. Ako prvé je náhodne zvolené jedno z troch hlavných tlačidiel, na ktorom sa bude vizuálny stimul prezentovať a zároveň sa náhodne zvolí aj farba tohto stimulu. Následne sa subjektu prezentuje vizuálny stimul vo forme podsvietenia transparentnej konštrukcie zvoleného tlačidla zvolenou farbou a zároveň sa spustí časovač.

Pre zmeranie reakčného času hornej končatiny sa rozsvieti jedno z troch tlačidiel modrej farby. Tieto farby podsvietenia tlačidiel sú variabilné v spektre RGB a je možné zmeniť ich výzor v kóde programu. Pri rozsvietení tohto tlačidla program spustí časovač. Následne program očakáva zdvihnutie jednej končatiny z panelov na sledovanie polohy horných končatín. Pokiaľ sa rozsvieti tlačidlo v ľavej časti panela na modro, program očakáva zdvihnutie ľavej hornej končatiny z panelu a vice versa (tzn. pokiaľ sa rozsvieti tlačidlo v pravej časti panela na modro, program očakáva zdvihnutie pravej hornej končatiny z panela). Keď subjekt uvoľní panel na meranie polohy hornej končatiny, program zaznamená čas tejto reakcie. Následne bude očakávať stlačenie rozsvieteného tlačidla.

Keď dôjde k stlačeniu rozsvieteného tlačidla, program zaznamená tento čas a ako potvrdenie správneho zaznamenania stlačenia tlačidla, tlačidlo zhasne. Program zobrazí namerané časové hodnoty na obrazovke monitoru.

V prípade rozsvietenia tlačidla v strednej časti panelu na modrú farbu, program očakáva reakciu z jednej ľubovoľnej hornej končatiny. V prípade zdvihnutia oboch horných končatín z panelov, alebo stlačenia iného tlačidla ako rozsvieteného, program zhodnotí meranie za chybné. Taktiež v prípade stlačenia ktoréhokoľvek pedálu na meranie reakcii dolných končatín, program vyhodnotí meranie za chybné.

V prípade rozsvietenia ľavého tlačidla na modro, program očakáva reakciu ľavej hornej končatiny. Pokiaľ subjekt uvoľní panel na snímanie polohy pravej hornej končatiny, systém meranie vyhodnotí za chybné a vice versa (tzn. pokiaľ subjekt uvoľní panel na snímanie polohy ľavej končatiny pri očakávanej reakcii pravou hornou končatinou, program vyhodnotí meranie za chybné). Taktiež v prípade stlačenia ktoréhokoľvek pedálu na meranie reakcii dolných končatín, program vyhodnotí meranie za chybné.

Keď sa rozsvieti tlačidlo v ľavej časti panelu, alebo tlačidlo v pravej časti panelu na červenú farbu, program očakáva reakciu dolných končatín. Ak sa rozsvieti tlačidlo v pravej časti panelu červenej farby, program očakáva reakciu ľavej dolnej končatiny vo forme stlačenia pedálu príslušnému danej končatine a vice versa (tzn. pri rozsvietení tlačidla v ľavej časti panelu červenej farby, program očakáva reakciu pravej dolnej končatiny).

Nakoľko subjekt má dolné končatiny umiestnené na pedáloch, pri meraní reakčného času dolných končatín systém je schopný zmerať iba čas od prezentovania vizuálneho stimulu do samotnej reakcie dolnej končatiny vo forme stlačenia pedálu.

V prípade rozsvietenia tlačidla v pravej alebo ľavej časti panelu na červenú farbu, systém očakáva správnu reakciu vo forme stlačenia správneho pedálu. Pokiaľ subjekt reaguje vo forme stlačenia nesprávneho pedálu, systém vyhodnotí toto meranie za chybné. V prípade, že subjekt zdvihne hornú končatinu z panelu na snímanie horných končatín, systém toto meranie vyhodnotí za chybné.

#### **2.2.4 Konštrukcia**

Pri konštrukcii zariadenia bola použitá technológia 3D tlače. Pomocou použitia 3D tlačiarne, zariadenie je cenovo na výrobu nenáročné a v prípade zistenia konštrukčných nedostatkov jednoducho opraviteľné a prispôsobiteľné. Zariadenie bolo vytvorené a dizajnované v SolidWorks 3D CAD modelovacím softvéri. Tento model bol následne



transformovaný do formátu .gcode pomocou programu Slic3r a upravený pre možnosť 3D tlačenia. Tlačenie jednotlivých súčiastok bolo zrealizované pomocou tlačiarne Prusa i3 mk2. Plastový materiál použitý pri tlačení prototypu zariadenia chemicky nazývaný PLA pozostával z mechanicke odolnej, ekologickej, biologicky rozložiteľnej kyseliny polyaktovej. Elektrické časti tohto zariadenia používajú modulárnu platformu Arduino MEGA. Finálne konštrukčné riešenie je zobrazené na Obrázku 24.



*Obrázok 24 - Finálne konštrukčné riešenie*

Návrh a konštrukcia zariadenia vznikla v spolupráci s:

Ing. Stanislav Kušmírek, Fakulta Dopravná, České vysoké učení technické v Prahe

Ing. Vladimír Socha, Fakulta Dopravná, České vysoké učení technické v Prahe

Ing. Luboš Socha, Letecká fakulta Technickej univerzity v Košiciach

Ing. Lenka Hanáková, Fakulta Dopravná, České vysoké učení technické v Prahe

## **2.3 Meranie času**

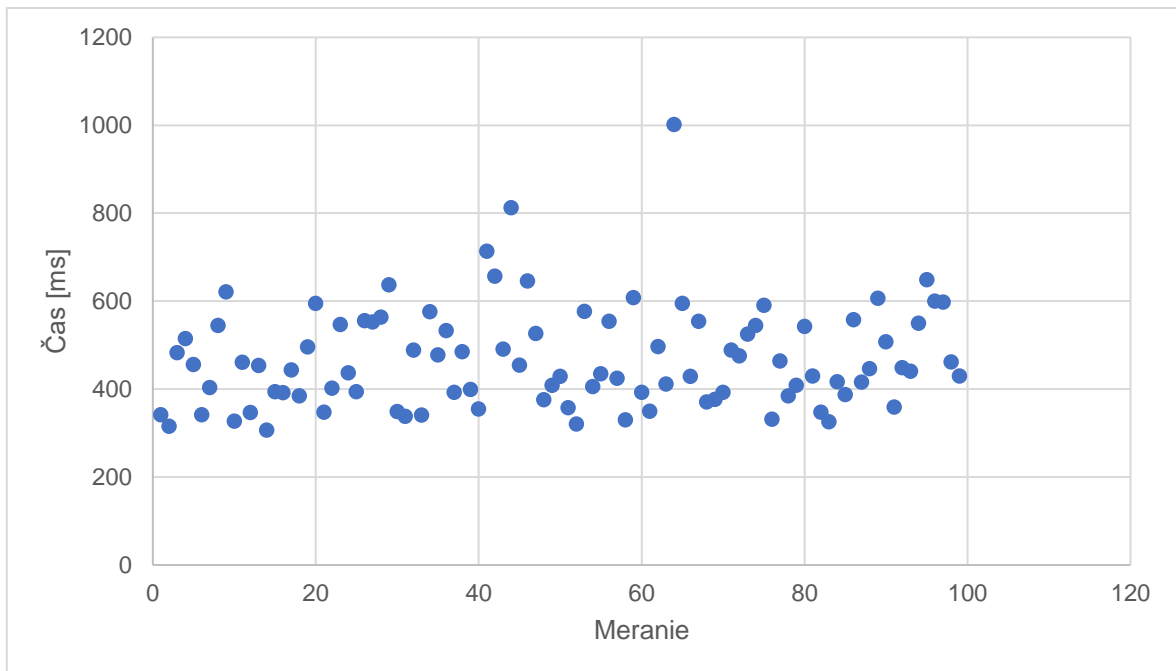
Pri meraní reakčného času horných končatín zariadenie vygeneruje dve hodnoty zmeraného času. Prvá hodnota odpovedá časovému rozdielu medzi prezentovaním vizuálneho stimulu subjektu a reakciou uvoľnením panelu na snímanie polohy hornej končatiny. Tento reakčný čas sa označuje ako rozhodovací, pretože predstavuje hodnotu medzi registráciou stimulu, až po rozhodnutie pre reakciu správnou končatinou.

### 3 VALIDÁCIA FUNKČNOSTI

Pomocou zariadenia bolo vykonané meranie výberového reakčného času, reakčného času horných končatín a reakčného času dolných končatín. Subjekt merania bola 1 osoba vo veku 22 rokov. Celkový počet meraní bol 167, z toho 99 meraní predstavujú hodnoty reakčného času horných končatín a 68 meraní predstavujú hodnoty reakčného času dolných končatín. Generovanie stimulu bolo náhodné.

#### 3.1 Výberový reakčný čas

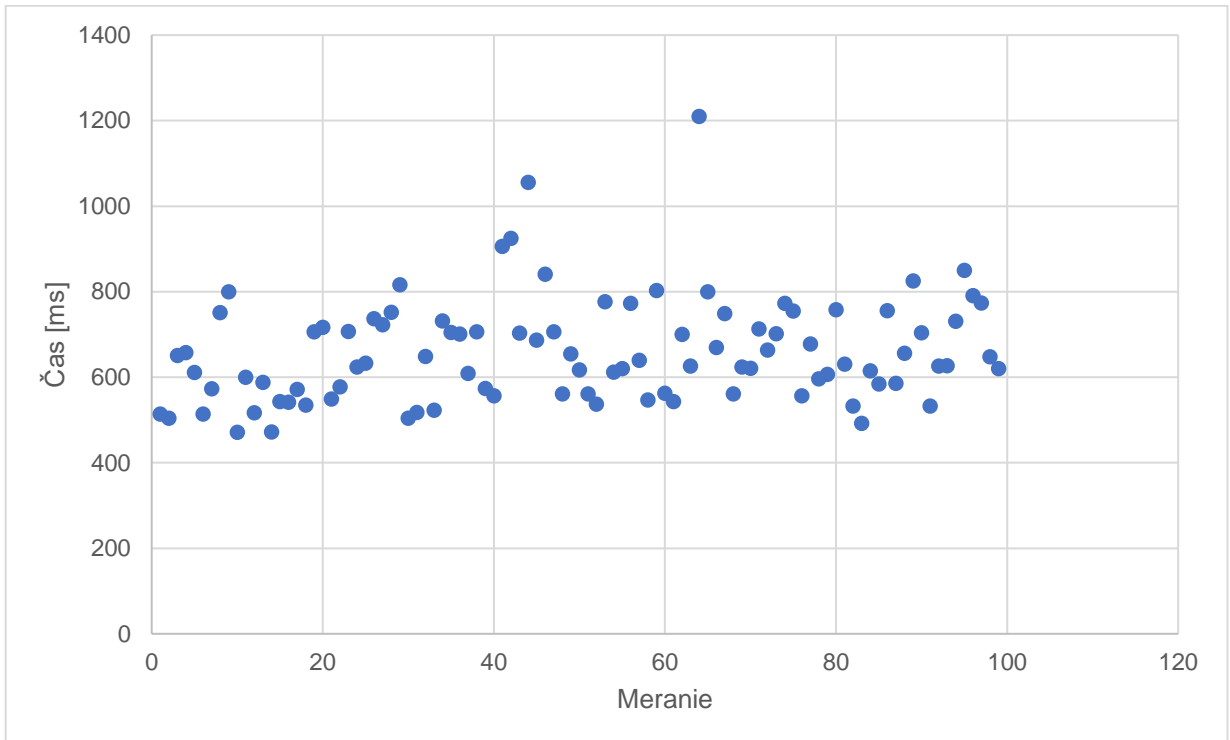
Výberový reakčný čas je čas od prezentácie stimulu, vo forme rozsvietenia tlačidla na červeno, do zdvihnutia odpovedajúcej hornej končatiny z panelu na sledovanie polohy horných končatín. Nameraná priemerná časová hodnota výberového reakčného času z 99 meraní je 469.15 ms +/- 115.31 ms. Priebeh hodnôt výberového reakčného času je zobrazený na grafe, vid' Obrázok 24.



Obrázok 25 - Graf hodnôt výberového reakčného času pre Čas opustenia panelu snímajúceho hornú končatinu.

### 3.2 Reakčný čas horných končatín

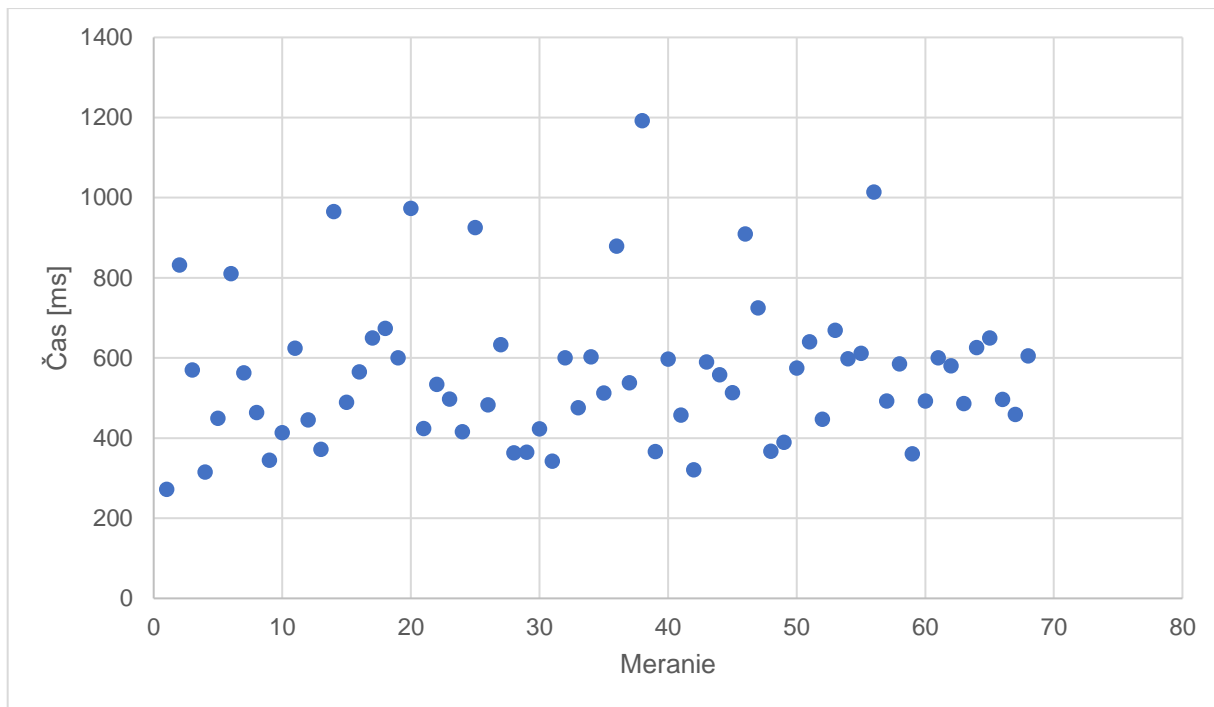
Reakčný čas horných končatín je čas od prezentácie stimulu, vo forme rozsvietenia tlačidla na červeno, do stlačenia rozsvieteného tlačidla odpovedajúcou hornou končatinou. Nameraná priemerná časová hodnota reakčného času horných končatín z 99 meraní je 659.75 ms +/- 122.01 ms. Priebeh hodnôt reakčného času horných končatín je zobrazený na grafe vid' Obrázok 25.



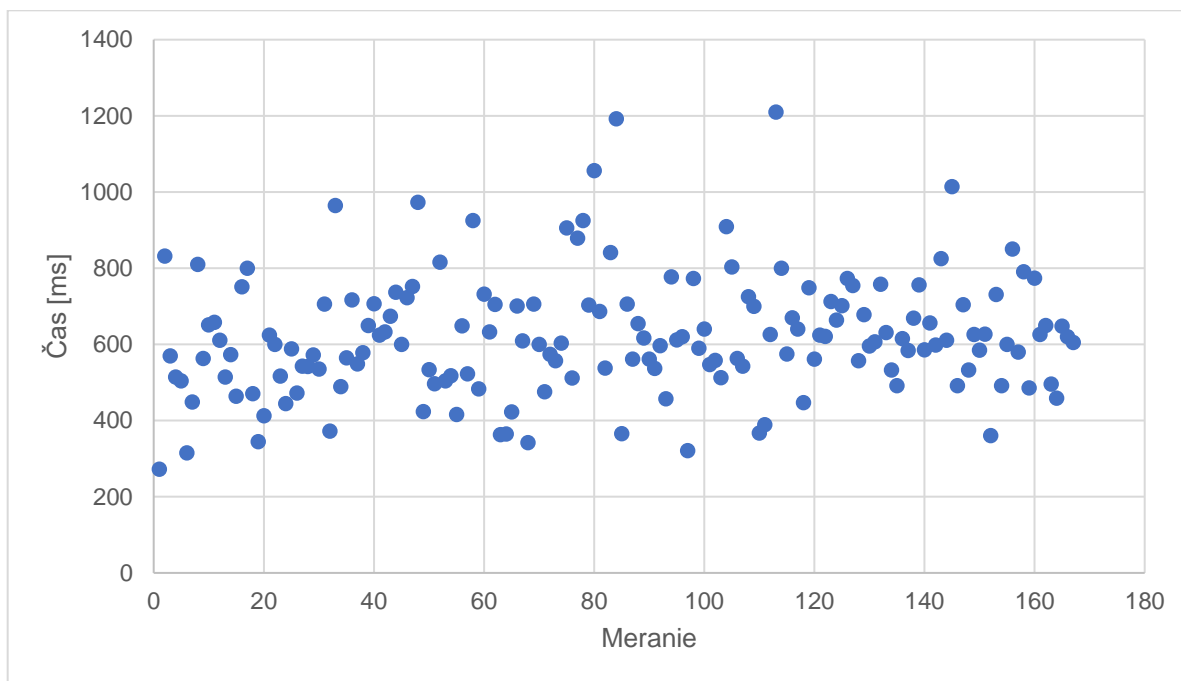
Obrázok 26 - Graf hodnôt reakčného času horných končatín pre Čas stlačenia tlačidla pre horné končatiny

### 3.3 Reakčný čas dolných končatín

Reakčný čas dolných končatín je čas od prezentácie stimulu, vo forme rozsvietenia tlačidla na modro, do stlačenia odpovedajúceho pedálu dolnou končatinou. Nameraná priemerná časová hodnota reakčného času dolných končatín z 68 meraní je 564.31 ms +/- 184.52 ms. Priebeh hodnôt reakčného času dolných končatín je zobrazený na grafe, vid' Obrázok 26.



Obrázok 27 - Graf hodnôt reakčného času dolných končatín pre Čas stlačenia pedálu pre dolné končatiny



Obrázok 28 - Graf hodnôt celkového jednoduchého reakčného času

### **3.4 Jednoduchý celkový reakčný čas**

Jednoduchý celkový reakčný čas tvorí priemer hodnôt reakčného času horných končatín a zároveň reakčného času dolných končatín. Nameraná priemerná časová hodnota jednoduchého celkového reakčného času z 167 meraní je 620.89 ms +/- 157.3 ms. Priebeh hodnôt jednoduchého celkového reakčného času je zobrazený na grafe, vid' Obrázok 27.

## 4 DISKUSIA

Dostupné typy zariadení na meranie reakčného času fungujú na rôznych spôsoboch prezentovania stimulu, ako aj na rôznych spôsoboch merania samotného reakčného času testovaného subjektu. Najčastejšie takéto zariadenia na meranie reakčného času využívajú prezentáciu vizuálneho, alebo zvukového stimulu. Navrhnuté zariadenie v tejto bakalárskej práci využíva k meraniu reakčného času stimul vizuálny, nakoľko väčšina upozornení v odvetviach leteckej dopravy sú vizuálneho typu, zatiaľ čo menšie množstvo upozornení je akustického typu. Väčšina zariadení na trhu je schopná merať iba jednoduchý reakčný čas, zatiaľ čo v tejto práci navrhnuté zariadenie dokáže merať aj výberový reakčný čas. Výsledky vykonaného merania približne odpovedajú štúdiám vykonaných na výberový reakčný čas [25].

Štúdie zaoberajúce sa výberovým reakčným časom nie je veľa. Väčšina štúdií na meranie reakčného času, alebo rozdielom reakčných časov v rôznych podmienkach, sa zaoberajú meraním jednoduchého reakčného času. Meranie jednoduchého reakčného času nevyžaduje konštrukčne komplikované zariadenie, nakoľko jednoduchý reakčný čas je možné merať pomocou jednoduchého spínača.

Navrhnuté zariadenie predstavuje finančne nenáročný, spoľahlivý dizajn, ktorý umožní meranie výberového reakčného času. Zariadenie je navrhnuté z ľahkých materiálov, mechanicky zasúvateľnou časťou a odpojiteľnou konštrukciou na meranie reakčného času dolných končatín, pre jednoduché prenášanie a skladovanie. Obdobné zariadenie so schopnosťou merania výberového reakčného času, reakčného času horných končatín a reakčného času dolných končatín, nie je aktuálne na trhu dostupné. Pomocou jednoduchého softvérového spracovania a možnosti dáta prehliadať iba za nutnosti pripojenia k počítaču, je zariadenie schopné nastaviť a ovládať aj osoba bez rozšírených počítačových znalostí.

K zariadeniu existujú dokumenty s návrhmi pre sériovú výrobu. Problém však nastáva pri elektronickom zapojení súčiastok, nakoľko nie je možné toto zapojenie vykonať bez manuálneho zásahu. Sériová výroba by umožnila potencionálne uvedenie prístroja na trh a uľahčila by prístup zariadenia k potenciálnym zákazníkom. Zahnutím prístroja do výberového konania na konkrétne pracovné pozície, by uľahčilo rozhodovanie pri výbere nových zamestnancov. Prístroj by mohol byť zaradený aj do priebežných testovanií spôsobilosti zamestnancov.

Prístroj nie je navrhnutý len na využitie v jednej oblasti, ale je možné používať ho aj v rôznych oblastiach, ako napríklad v medicíne. Využitelnosť tohto zariadenia je schopná napomôcť napríklad v oblasti neurológie, psychiatrie či pri rehabilitácii.

Prípadné rozšírenie využiteľnosti tohto zariadenia by bolo navrhnutie užívateľského rozhrania, ktoré by mohlo okrem zobrazovania nameraných dát tieto dáta zároveň štatisticky spracovávať a vyhodnocovať. V súčasnom prototypovom štádiu sú dáta zobrazované v textovom okne programu Arduino, kde sú zobrazované v reálnom čase po každom meraní. Ďalším z potenciálnych rozšírení by mohlo byť pripojenie modulu k zapisovaniu dát na pamäťové médium, čo by eliminovalo nutnosť použitia priameho káblového pripojenia k počítaču a inštaláciu programu Arduino pre zobrazovanie dát. Zariadenie by muselo byť poháňané pomocou externého elektrického zdroja, ktoré by sprístupnilo využiteľnosť tohto zariadenia v akomkoľvek prostredí, nezávisle na prítomnosti počítača pre jeho správne fungovanie.



## ZÁVER

Reakčný čas je jednou z dôležitých vlastností a schopností jedinca rozpoznávať stimul a správne naň reagovať. Tieto schopnosti sa líšia medzi jedincami a je potrebné pri výbere uchádzačov do pracovných pozícií, ktoré sú na rýchlosti reakčných časoch závislé, tieto fyziologické schopnosti zohľadniť. Cieľovou skupinou tejto bakalárskej práce sú pracovníci leteckej dopravy, ale predstavené zariadenie má potenciál uplatniť sa aj v ostatných povolaniach. Ako bolo uvedené, na trhu nie sú zariadenia na meranie reakčného času horných končatín a dolných končatín, ktoré zároveň dokážu zmerať rozhodovací reakčný čas. Cieľom tejto bakalárskej práce bolo takéto zariadenie navrhnuť a skonštruovať prvý fungujúci model takéhoto zariadenia.

Zariadenie je schopné merať rozhodovací reakčný čas horných končatín, ale nie rozhodovací reakčný čas dolných končatín. Pri meraní reakčného času dolných končatín sa meria iba jednoduchý reakčný čas. Zariadenie obsahuje klávesnicu medzi panelmi na meranie polohy horných končatín, ktorá ale nie je v tomto prototypy funkčná. Klávesnica pôvodne mala fungovať na zvolenie počtu požadovaných meraní, alebo na zadávanie kódu pre špecifické, dopredu naprogramované merania. Počas výstavby zariadenia sa prišlo na niekoľko konštrukčných vlastností, ktoré by sa dali v budúcom prototypy zlepšiť. Tieto nedostatky predstavujú koľajnice použité na mechanizáciu vysúvania časti s panelmi na sledovanie polohy horných končatín z konštrukcie obsahujúcej tri hlavné tlačidlá na meranie reakčného času horných končatín, zväčšenie voľnosti medzi pohyblivými a stacionárnymi časťami pre zamedzenie vzájomného trenia súčastok a prepracovanie systému upevnenia súčastok ku konštrukcii, aby v prípade zlyhania nejakej súčastky bola daná súčastka ľahko vymeniteľná.

Napriek týmto nedostatkom zariadenie funguje spoľahlivo, pôsobí fyzicky robustne a je schopné aj pri zlyhaní niekoľkých súčastok presne merať reakčný čas. Nakoľko každé tlačidlo, alebo meracia plocha je monitorovaná viacerými spínačmi, je zariadenie schopné spoľahlivo pracovať aj pri zlyhaní niekoľkých spínačov. Koľajnicová mechanizácia pre vysúvanie panelu na sledovanie polohy horných končatín neovplyvňuje priebeh merania, ale iba zasúvanie daného panelu, pre jeho jednoduchšie premiestňovanie a skladovanie. Pomocou inštalácie aplikácie Arduino, je možné získať dáta v reálnom čase a teda umožňuje k ich ďalšiemu spracovaniu. Zariadenie vďaka svojmu dvojdielnemu dizajnu umožňuje ergonomické uloženie prispôsobiteľné pre požiadavky testovaného subjektu.

Skonštruované zariadenie je dostatočne konštrukčne objemné pre inštaláciu akustického generátora stimulu, takže by bolo schopné so zariadením merať komplexný reakčný čas aj na akustické stimuly. Potenciálne využitie nie je limitované iba na zaradenie na testovanie pracovníkov leteckej dopravy, ale bolo by možné využiť ho aj v medicínskom prostredí vďaka presnému meraniu reakčného času, a to v neurológii alebo na rehabilitácie. Navrhnuté zariadenie má potenciál na zlepšenia, čo zvyšuje jeho použiteľnosť a taktiež potenciál v rôznych nasledujúcich vedeckých prácach.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] E. Svensson , M. Angelborg-Thanderez , L. Sjöberg & S. Olsson (1997) *Information complexity-mental workload and performance in combat aircraft*, *Ergonomics*, 40:3, 362-380, DOI: 10.1080/00140139718820
- [2] FLIN, Rhona, Eduardo SALAS, Michael STRAUB a Lynne MARTIN. *Decision-Making Under Stress: Emerging Themes and Applications*. Routledge, 2017. ISBN 9781351945943.
- [3] Binias B, Myszor D, Palus H and Cyran KA (2020) *Prediction of Pilot's Reaction Time Based on EEG Signals*. *Front. Neuroinform.* 14:6. doi: 10.3389/fninf.2020.00006
- [4] Committee, on Aircraft Certification Safety Management, et al. *Improving the Continued Airworthiness of Civil Aircraft : A Strategy for the FAA's Aircraft Certification Service*, *National Academies Press*, 1998. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=3375730>.
- [5] WINFRED, Arthur. *Individual and Team Skill Decay: The Science and Implications for Practice*. Routledge, 2013. ISBN 9780415821933.
- [6] Woods DL, Wyma JM, Yund EW, Herron TJ and Reed B (2015) *Factors influencing the latency of simple reaction time*. *Front. Hum. Neurosci.* 9:131. doi: 10.3389/fnhum.2015.00131
- [7] Der, G., & Deary, I. J. (2006). *Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey*. *Psychology and Aging*, 21(1), 62–73. doi:10.1037/0882-7974.21.1.62
- [8] *Human Mental Workload: Models and Applications: Third International Symposium, H-WORKLOAD 2019*, Rome, Italy, November 14–15, 2019, Proceedings. Cham: Springer International Publishing; 2019.
- [9] Santos, V., Santos, V., Felipe, L., Almeida Jr., J., Bertuzzi, R., Kiss, M., & Lima-Silva, A. (2014). *Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo*. *Nutrients*, 6(2), 637–649. doi:10.3390/nu6020637
- [10] Caldwell, J. A. (2005). *Fatigue in aviation*. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 3(2), 85–96. doi:10.1016/j.tmaid.2004.07.008

- [11] Caldwell, J. A., Mallis, M. M., Caldwell, J. L., Paul, M. A., Miller, J. C., & Neri, D. F. (2009). *Fatigue Countermeasures in Aviation*. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 80(1), 29–59. doi:10.3357/asem.2435.2009
- [12] Barkhuizen, W., Schepers, J., & Coetzee, J. (2002). *Rate of information processing and reaction time of aircraft pilots and non-pilots*. *SA Journal of Industrial Psychology*, 28(2). doi:10.4102/sajip.v28i2.53
- [13] Behrens, P. J. (1980). *An edited translation of the first dissertation in experimental psychology by Max Friedrich at Leipzig University in Germany*. *Psychological Research*, 42(1-2), 19–38. doi:10.1007/bf00308689
- [14] SOCHA, V., L. HANÁKOVÁ a A. LALIŠ. *New Trends in Civil Aviation: Reaction time measurement device for flight crew testing*. London: Taylor & Francis Group, 2018. ISBN 978-0-8153-7602-6.
- [15] ROECKELEIN, J.E. *Elsevier's Dictionary of Psychological Theories*. Elsevier, 2006. ISBN 9780080460642.
- [16] Benschop, R., & Draaisma, D. (2000). *In Pursuit of Precision: The Calibration of Minds and Machines in Late Nineteenth-century Psychology*. *Annals of Science*, 57(1), 1–25. doi:10.1080/000337900296281
- [17] POLSON, David. *Mental Chronometry* [online]. 2014 [cit. 2020-07-05]. Dostupné z: [http://web.uvic.ca/~dbub/Cognition\\_Action/Reading\\_Assignments\\_files/Chronometry.pdf](http://web.uvic.ca/~dbub/Cognition_Action/Reading_Assignments_files/Chronometry.pdf)
- [18] Schmidgen, Henning. "The Donders Machine: Matter, Signs, and Time in a Physiological Experiment, ca. 1865." *Configurations*, vol. 13 no. 2, 2005, p. 211-256. Project MUSE, doi:10.1353/con.2007.0018.
- [19] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0.
- [20] *Fitro Agility* [online]. [cit. 2020-07-07]. Dostupné z: <http://fitronic.sk/en/project/fitro-agility/>
- [21] *Fitro Reaction* [online]. [cit. 2020-07-07]. Dostupné z: <http://fitronic.sk/project/fitro-reaction/>

[22] BOHUŠ, Michal. *Přístroj pro měření reakční doby*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Balogh.

[23] *Secondary science brochure* [online]. 2019 [cit. 2020-07-08]. Dostupné z: [https://www.bettshow.com/\\_\\_media/libraries/bett-exhibitor-brochures-2020/23D874C5-B6EC-BCC0-A269E4B65DC470BA-document.pdf](https://www.bettshow.com/__media/libraries/bett-exhibitor-brochures-2020/23D874C5-B6EC-BCC0-A269E4B65DC470BA-document.pdf)

[24] MULLIGAN, Jeffrey B., Lucia ARSINTESCU a Erin E. FLYNN-EVANS. *Measurement of Visual Reaction Times using Hand-held Mobile Devices*. *Journal of Vision* [online]. 2016, **16**(4) [cit. 2020-07-07]. DOI: 10.1167/16.4.42. ISSN 1534-7362. Dostupné z: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?doi=10.1167/16.4.42>

[25] Woods DL, Wyma JM, Yund EW, Herron TJ and Reed B (2015) *Age-related slowing of response selection and production in a visual choice reaction time task*. *Front. Hum. Neurosci.* 9:193. doi: 10.3389/fnhum.2015.00193

## ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Grafické zobrazenie basic reaction - základná reakcia.....	11
Obrázok 2 - Grafické zobrazenie choice reaction .....	11
Obrázok 3 - Grafické zobrazenie go/no-go .....	12
Obrázok 4 - Hippov chronoskop [16] .....	14
Obrázok 5 – Phonautograf [18] .....	15
Obrázok 6 - Chronoskop Maxa Friedricha [13] .....	16
Obrázok 7 – Prístroj na meranie reakčného času dolných končatín Fitro Agility [20] .....	20
Obrázok 8 - Zariadenie na meranie reakčného času horných končatín Fitro Reaction [21] .....	21
Obrázok 9 – Příklad pro měření reakční doby [22] .....	22
Obrázok 10 - Push Button Reaction Switch [23] .....	22
Obrázok 11 – Aparát štúdie Measurement of Visual Reaction Times using Hand-held Mobile Devices [24] .....	23
Obrázok 12 - Grafické zobrazenie návrhu č.1.....	26
Obrázok 13 - Schematické vyjadrenie návrhu č.1.....	26
Obrázok 14 - Grafické zobrazenie návrhu č.2.....	28
Obrázok 15 - Schematické vyjadrenie návrhu č.2.....	28
Obrázok 16 - Grafické zobrazenie návrhu č.3 [vlastné spracovanie] .....	29
Obrázok 17 - Schematické vyjadrenie návrhu č.3.....	30
Obrázok 18 - Grafické zobrazenie návrhu č.4.....	31
Obrázok 19 - Schematické vyjadrenie návrhu č.4.....	32
Obrázok 20 - Grafické zobrazenie návrhu č.5.....	33
Obrázok 21 - Schematické vyjadrenie návrhu č.5.....	34
Obrázok 22 - Komponent na meranie reakčného času horných končatín [14] .....	36
Obrázok 23 - Komponent na meranie reakčného času dolných končatín [14].....	38
Obrázok 24 - Finálne konštrukčné riešenie .....	40
Obrázok 25 - Graf hodnôt výberového reakčného času pre Čas opustenia panelu snímajúceho hornú končatinu.....	42
Obrázok 26 - Graf hodnôt reakčného času horných končatín pre Čas stlačenia tlačidla pre horné končatiny.....	43
Obrázok 27 - Graf hodnôt reakčného času dolných končatín pre Čas stlačenia pedálu pre dolné končatiny .....	44
Obrázok 28 - Graf hodnôt celkového jednoduchého reakčného času .....	44