

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F2

Fakulta strojní
Ústav přístrojové a řídicí techniky

Determinační test

Ondřej Kopecký

Vedoucí: Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D

Obor: Automatizační a přístrojová technika

Studijní program: Automatizace a průmyslová informatika

Únor 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kopecký** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **484027**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav přístrojové a řídicí techniky**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Determinační test

Název bakalářské práce anglicky:

Determination test

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a vytvořte obdobu determinačního testu pro hodnocení kognitivních schopností operátorů. Test bude využívat speciální interface a bude realizován pomocí průmyslových prostředků vizualizace.

1. Na základě dostupných podkladů sestavte funkcionální popis determinačního testu.
2. Navrhněte technickou realizaci determinačního testu včetně HW a HMI platformy.
3. Sestavte prototypové zařízení pro realizaci determinačního testu na zvolené HW a SW platformě
4. Proveďte otestování základních funkcionalit
5. Vytvořte dokumentaci pro vyvinutý systém

Seznam doporučené literatury:

Robert J. Sternberg, Cognitive Psychology (anglicky), Cengage Learning, Inc · 2015
Kognitivní psychologie, Robert J. Sternberg, 2009
Přehled psychologie, Kern et al, ISBN: 978-80-262-0871-6, Portál, 2015
<https://marketplace.schuhfried.com/en/DT>
<https://www.overleaf.com/>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D. U12110.3

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

Datum zadání bakalářské práce: **29.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **12.08.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

_____ podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce Ing. Mgr. Jakubu Jurovi, Ph.D. za doporučené téma práce, její vedení a odborné rady při jejím zpracování.

Tímto také děkuji své rodině, která mi stála oporou v celém průběhu studia a přátelům, na které jsem se mohl vždy spolehnout.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze dne:

Abstrakt

V této práci je řešena konstrukce psychometrického přístroje determinačního testu, který slouží jako psychodiagnostická metoda pro měření pozornosti a dalších souvisejících psychických funkcí. Práce kombinuje jak technické znalosti elektrotechniky, technického měření, informační technologie tak humanitní znalosti psychologie.

Souvislosti determinačního testu s psychologií jsou rozvedeny v teoretické části práce. Jsou zde popsány metodiky postupu vytváření psychotestů a testem měřené psychické funkce.

V praktické části je dále rozveden postup realizace fyzické konstrukce přístroje determinačního testu spolu se stručným popisem softwarové aplikace uživatelského rozhraní.

Výsledkem této práce je prototypové zařízení determinačního testu, které je schopné plnit tyto dílčí části psychodiagnostického procesu: zadávat podněty, registrovat reakce a vyhodnotit výsledky měření.

Klíčová slova: Determinační, test, psychodiagnostika, adaptivní test, reaktivní stresová tolerance, pozornost, reakční čas, GPIO, pull-up/pull-down rezistor, rozhraní člověk-stroj, grafické

uživatelské rozhraní, Python, Pygame, Kivy

Vedoucí: Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D
12110 - Department of Instrumentation and Control Engineering,
Technická 4,
Praha 6

Abstract

In this thesis, the construction of the determination test psychometric device, which is used as a psycho-diagnostic method for attention and its related mental functions measurement, is being dealt with. The thesis combines technical fields of electronics, technical measurement, and information technology, as well as humanitarian fields like psychology.

The context of the determination test in relation to psychology is being described in the theoretical part of the thesis. The methodology for developing psycho-tests as well as the test variables can be found here.

In the practical part of the thesis, the process of the physical construction of the determination test control panel is being described along with the quick description of the user interface software application.

The result of this thesis is the prototype of the determination test device, which is able to perform the elemental parts of the psycho-diagnostic process such as: stimulus assignment, reaction registration, and measurement result evaluation.

Keywords: Determination, test, psychodiagnostics, adaptive test, reactive stress tolerance, attention, reaction time, GPIO, pull-up/pull-down resistor, human-machine interface, graphical user interface, Python, Pygame, Kivy

Title translation: Determination test

Obsah

1 Úvod 1

Část I Teoretická část

2 Determinační test jako psychodiagnostická metoda 4

2.1 Psychodiagnostika 6

2.1.1 Uplatnění determinačního testu 10

2.1.2 Standardizace testu 10

2.1.3 Seznam distributorů determinačních testů 11

2.2 Administrace 13

2.2.1 Fáze determinačního testu 13

2.2.2 Průběh fáze testování 14

2.2.3 Nároky na probanda 15

2.3 Administrace testu 16

2.3.1 Základní módy testů 16

2.4 Vyhodnocení determinačního testu 18

2.4.1 Měřené proměnné 18

2.4.2 Vypočtené proměnné 19

2.4.3 Interpretace výsledků 20

2.4.4 Způsob prezentace výsledků 21

2.4.5 Objektivní interpretace 27

2.4.6 Kvalita měření 27

2.5 Technické měření - měření času 28

2.5.1 Měření času časovačem řídicí jednotky 28

2.5.2 Kvalitativní charakteristiky časovačů 28

2.5.3 Softwarová realizace měření času 29

2.5.4 Přesnost měření reakčních časů prototypu determinačního testu 30

Část II
Praktická část

3 Úvod do praktické části	33	4.6.1 Technická dokumentace RPi4B	42
4 Funkcionální celek determinačního testu	34	4.6.2 Napájení	42
4.1 Sestava ovládacího panelu a audiovizuálního rozhraní	34	4.6.3 Komunikace s externím PC .	43
4.2 Konstrukce ovládacího panelu . .	35	4.6.4 Hlavička pinů - J8	44
4.2.1 Analýza ovládacího panelu <i>Advanced response panel</i> společnosti Schuhfried	36	4.7 Obvod zapojení	46
4.3 Sestava řídicí jednotky a ovládacího panelu	36	4.7.1 Logický obvod	46
4.4 Volba řídicí jednotky	37	4.7.2 Napěťové logické úrovně	46
4.4.1 Požadavky na řídicí jednotku	37	4.7.3 Schéma zapojení	50
4.4.2 Parametry řídicích jednotek .	38	4.8 Mechanické spínače	51
4.5 Zvolená řídicí jednotka	41	4.8.1 Tlačítko SparkFun - Concave Button	52
4.6 Elektrotechnické specifikace Raspberry Pi 4 Computer Model B (<i>RPi4B</i>)	42	4.8.2 Pedály TRU COMPONENTS	52
		4.8.3 <i>Switch Bounce</i>	53
		4.9 Kryt ovládacího panelu	54
		4.9.1 Model krytu ovládacího panelu	55
		4.9.2 Reálný kryt ovládacího panelu	56

5 Softwarová aplikace determinačního testu	57
5.1 Python 3	59
5.1.1 Knihovny Python	59
5.2 Grafické uživatelské rozhraní (GUI)	62
5.2.1 Menu - rozhraní administrátora	62
6 Závěr	69
Přílohy	
A Literatura	72
B Seznam použitých zkratk	78
C Seznam použitého softwaru	79
D Přiložený disk CD	80



Kapitola 1

Úvod

Za posledních dvacet let se značně zvyšuje vliv technického pokroku na polích psychologie. Psychodiagnostika - psychologická disciplína zaměřená na vyšetření osob, tak nabírá na nových možnostech testování. Jak přístrojové, tak computerizované testy představují spoustu benefitů oproti standardním testům jako je „*tužka-papír*“. Hlavní výhodou, mimo jiné, je možnost realizace tak zvaných „*adaptivních*“ testů, které upravují svou obtížnost reaktivně, v závislosti na výkonu šetřené osoby [1].

Cílem této práce je zhotovit funkční prototyp determinačního testu - psychodiagnostické přístrojové metody určené k měření pozornosti a s ní spojených psychických funkcí. Jeden ze tří možných módů testu představuje právě adaptivní mód testování. Test zadává podněty, na které šetřená osoba reaguje. Na základě výsledků testu je možné posoudit odolnost šetřené osoby vůči psychické zátěži, její tendenci k zbrklému jednání nebo naopak sklon k rezignaci. Rozsáhlé uplatnění nachází determinační test, mimo jiné, v oblastech dopravní nebo sportovní psychologie [2].



Část I

Teoretická část

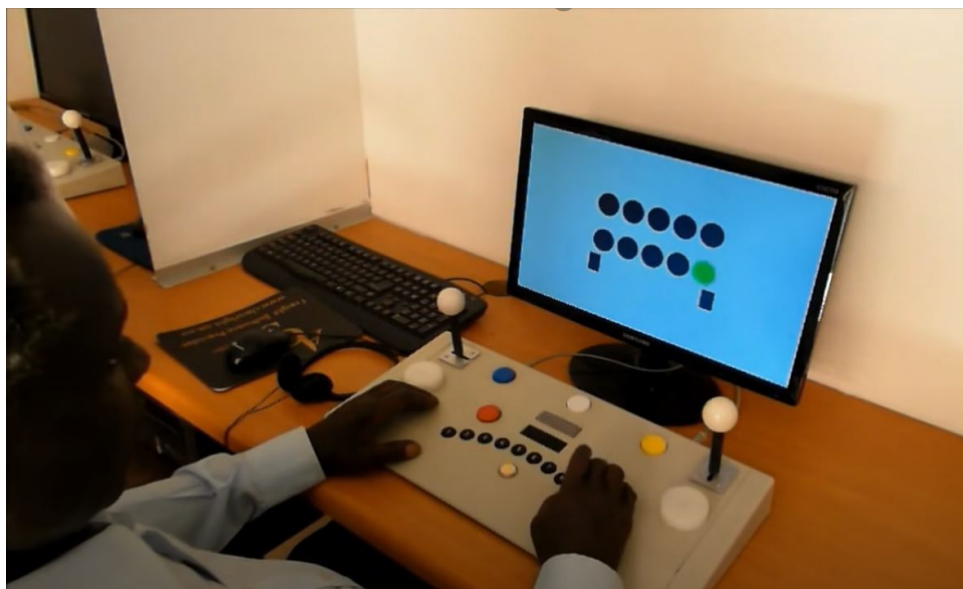
Kapitola 2

Determinační test jako psychodiagnostická metoda

Determinační test je přístrojová metoda psychodiagnostiky. Principem však odpovídá spíše testovým metodám. Dle rozdělení testových metod v [3, p. 58] by jej šlo zařadit do kategorie výkonových testů - zkoušky parciálních a kombinovaných schopností.

Determinační test hodnotí pozornost, měří reakční čas reakce na komplexní stimulační podmínky a v „adaptivním módu“ měří i reaktivní stresovou toleranci. Stimulační podmínky se realizují ve formě rychlých změn vizuálních a akustických podnětů. Formy testu lze dělit dle rychlosti zadávání podnětů na test s volným tempem („mód akce“), nuceným tempem („mód reakce“) nebo přizpůsobivým tempem („mód adaptivní“). Doba trvání testu je přibližně 3 - 15 minut v závislosti na distributoru a formě zvoleného testu [2, 4, 5, 6].

Obvyklé oblasti užití jsou dopravní psychologie, sportovní psychologie, klinická neuropsychologie, popřípadě forma profesního rozvoje. Konkrétně se determinační test často užívá při výběru na pozice, ve kterých je operátor při vykonávání své práce zodpovědný za bezpečnost svou či prostředí ve kterém operuje. Příkladem takové pozice je například řidič [6].



Obrázek 2.1: Proband reagující na vizuální podnět ve formě zeleného kruhu v rámci determinačního testu [7]

2.1 Psychodiagnostika

Psychologie představuje pro techniky poměrně vzdálený obor, ale i přes své rozdílnosti existují aplikované obory psychologie, které jsou technikům poměrně blízké. Jedním z takových oborů je právě psychodiagnostika.

Dle Svobody je psychodiagnostika „*aplikovaná psychologická disciplína, jejímž úkolem je zjišťování a měření duševních vlastností a stavů, popřípadě dalších charakteristik individua*” [3, p. 15]. Zjištěním všech relevantních informací, jejich analýzou a následnou interpretací je možné popsat psychický stav probanda, tedy stanovit tak jeho *diagnózu* [3].

Proband tak představuje vyšetřovanou osobu, která podstupuje diagnostický proces.

Procesem stanovení diagnózy je *diagnostická činnost*. Diagnostická činnost počíná prezentací *psychodiagnostické metody*. Jedná se o soubor podnětů jejichž formu udává *diagnostický postup*. Dle typu diagnostického postupu lze dělit psychodiagnostické metody na dvě základní metody - *klinickou metodu* a *testovou metodu*. Následným pozorováním a měřením (registrace) reakce probanda na prezentované podněty vzniká *vzorek chování* (úkony, jednání, slovní odpovědi), který je dále interpretován a hodnocen. Z interpretace a hodnocení výsledku pak vyplývá *vlastnost osobnosti* probanda či *celek jeho chování* [3].

I přes to, že je možné o klinických metodách uvažovat jako opak metod testových, neznamená to, že je šetření omezeno vždy pouze na jednu metodu testování (naopak se vzájemně doplňují).

■ Testová metoda

Testové metody představují oproti klinickým metodám standardizované postupy vyšetření nomotetického charakteru, které jsou psychometricky podložené. Výsledky vyšetření mají kvantitativní charakter [3].

V posledních dvaceti letech se značně rozrostlo užití přístrojů pro administraci těchto testů, a proto dochází k jistému překrytí kategorie testových a přístrojových metod. Důsledkem je možnost začlenění determinálního testu jak do přístrojové metody tak do metody testové. Digitální administrace testů umožňuje například tvorbu adaptivních testů jako je právě determinální test (administrován v adaptivním módu), které se ukazují jako velmi účinné oproti standardním testům ručně plněným tužkou na papír. Adaptivní testy dosahují stejné přesnosti jako ručně psané testy a to za poloviční až třetinový čas plnění. Důsledkem kratších časů plnění testu je dle [8] možná eliminace vlivu únavy a nudy na měření nejsou-li součástí tohoto měření (determinální test uvažuje vliv únavy a nudy na výsledky) [1, 3].

Základní rozdělení testů dle [3, p. 58]:

- a. **Výkonové testy**
- b. **Testy osobnosti**

Test vyvolává chování probanda v kontrolovaných podmínkách, a z toho důvodu ho lze považovat za *experiment* [3].

Existuje mnoho definic „*testu*“ a stručné shrnutí rozdílných pojetí definice testu lze nalézt v [3, p. 91].

■ Přístrojové metody

Přístrojové metody představují psychodiagnostické vyšetření s využitím přístroje. Přístroj tak může zastupovat jednu nebo více dílčích částí diagnostického procesu.

■ Reaktivní stresová tolerance

Dle [9] dostatečná frekvence zadávání stimulů lze u každého probanda vyvolat **stavu kognitivního přetížení**, ve kterém není schopný adekvátně reagovat. Dle [10] pak takový stav, ve kterém vysoce motivovaný jedinec není schopný adekvátně reagovat na (v přírodě extrémní) shluk stimulů, vede ke **zvýšení stresu**. Schopnost efektivně využít *obraných mechanismů a copingových stylů a strategií* za účelem odolání nepříznivých vlivů stresu lze označit jako *stresová tolerance*. *Reaktivní stresová tolerance* tak představuje schopnost reagovat rychle, přesně a správně ve stavu přetížení. V rámci adaptivního módu determinačního testu je reaktivní stresová tolerance měřena a reprezentována proměnou „*správná reakce*“ [2, 9, 11, 12].

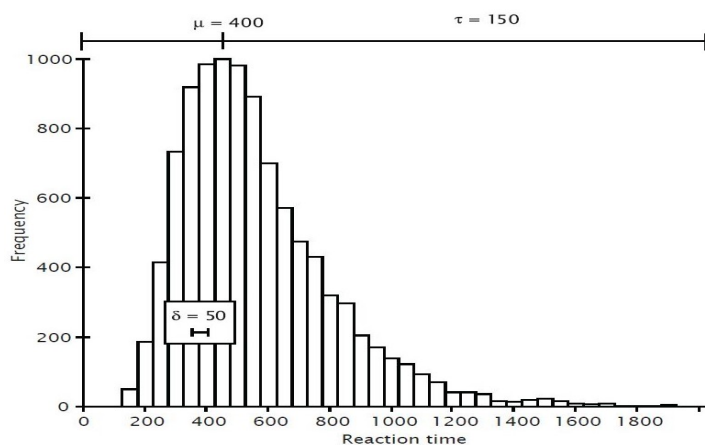
■ Pozornost

Pozornost představuje sadu prostředků, pomocí kterých lidský mozek aktivně zpracovává limitované množství informací z obrovského zdroje dat, který mu je dostupný skrze prostředky *kognitivních procesů*, jako jsou například různé typy smyslů nebo paměť. vzhledem k omezené mentální kapacitě je nezbytné nepotřebné informace filtrovat a zamezit tak jejího přetížení. *Selektivní filtrace* je jedním ze subprocesů pozornosti a právě on nám umožňuje „zastínit“ tyto irelevantní informace od jiných, důležitých a zajímavých informací. Důsledkem je větší šance pro pohotovější a přesnější reakci na podstatné stimuly. Pozornost je jak *vědomá* tak *podvědomá* a lze ji ovládat *kontrolovaně* nebo *automaticky*. Pozornost také ovlivňuje jak kvalitně je vnímaná informace

uchována v paměti. V rámci determinačního testu je pozornost měřena a reprezentována proměnou „chybná reakce“ a „vynechaná reakce“ [2, 13].

■ Reakční čas

Reakční čas v kontextu determinačního testu představuje dobu, za kterou je proband schopný dokončit úkol reakce na podnět. Tyto reakční časy lidí se obvykle pohybují kolem 450 ms (vyplývá z 2.2) a tvoří ex-Gaussovu distribuci populace (Obr.:2.2 - μ reprezentuje střední odchylku, respektive σ směrodatnou odchylku Gaussovy části křivky a pak tedy τ reprezentuje oboje odchylky exponenciální části křivky). Minimální reakční čas potřebný pro realizaci fyziologických procesů jako jsou vjem stimulu či motorická odezva činí přibližně 100 až 200 ms. Naměřené reakční časy nižší než 100 ms mohou být zapříčiněny předvídáním. z tohoto důvodu je možné pro účely efektivního měření reakčních časů reakce nižší než 200 ms z měření vyřadit. *Reakční čas s volbou* označuje úkol, ve kterém proband musí po zadání podnětu v rámci své reakce zvolit jednu správnou odpověď z více možností. V takovém případě se reakční čas většinou prodlouží (o každou možnou volbu přibližně o 50 ms. Přímý dopad na rychlost reakce má i pozornost. V rámci determinačního testu je reakční čas s volbou měřen a reprezentován proměnou „medián reakční doby“ [2, 13, 14].



Obrázek 2.2: ex-Gaussova distribuce reakčních časů populace [14]

■ 2.1.1 Uplatnění determinačního testu

■ DT v dopravní psychodiagnostice

Determinační test je možné administrovat pro měření psychických funkcí řidičů dle vyhlášky č. 31/2001 Sb. Tato vyhláška Ministerstva dopravy a spojů o řídičských průkazech a o registru řidičů požaduje toto vyšetření psychické výkonnosti z hlediska kvantity a kvality [15].

Požadavek absolvování determinačního testu však mohou mít i zaměstnavatelé různých dopravních společností, kterým pak test dává rozumné vodítko, podle kterého mohou dále zvolit optimálního zaměstnance.

Ve výzkumu pak může být determinační test využit pro stanovení například vlivu stimulantů, případně rozdělení pozornosti (užívání mobilního telefonu při řízení nebo konverzace se spolujezdcem a podobně) na kvalitu řízení vozidla.

■ DT v sportovní psychodiagnostice

Se využívá zejména v oblasti výzkumů. Například dle tohoto článku [11] byl měřen vliv psychického stresu na výkon elitních atletů. Naměřené výsledky napomohli k stanovení míry do jaké může hrát roli pohlaví atleta na úroveň jeho reaktivní stresové tolerance.

■ 2.1.2 Standardizace testu

Věk testovaných osob není principiálně omezen, avšak obvykle se pro vyhodnocení výsledků dělí na více věkových kategorií pro relevantnější srovnání

s referenčním vzorkem. Referenční vzorky se tedy částečně dělí například podle věku, pohlaví, stupně vzdělání nebo IQ. Schopnost nabídnout adekvátní referenční vzorek pro vyhodnocení jednotlivců v různých věkových kategoriích tak závisí na množství a kvalitě dat, které v této věkové kategorii má testující k dispozici. Tyto data distributoři testů čerpají jak z norem tak z vlastních nezávislých měření. Referenční vzorek podložený těmito daty se označuje za *standardizační vzorek*. Například společnost *Psychosoft* nabízí standardizační vzorek naměřený až na 6503 jedincích [2, 4, 5].

2.1.3 Seznam distributorů determinačních testů

Schuhfried

Schuhfried je rakouská mezinárodní společnost založená roku 1947 poskytující psychometrické produkty a služby sloužící pro účely psychodiagnostiky, kognitivního tréninku nebo měření biofeedbacku. 25 % příjmu je investováno do výzkumu v těchto oborech. Přes 42 distributorů spolu s Schuhfriedem operují v 68 zemích. Společnost Schuhfried vyvinula první celosvětově uznávaný digitální testový systém *Vienna test System (VTS)*, jejímž je determinační test součástí. VTS je dostupný ve více než 31 jazycích a za rok administruje přes 13 miliónů testů. Společnost Schuhfried byla v roce 2020 oceněna nejvyšší cenou pro podnikání Rakouska „*Austrian coat of arms*” [16].



Obrázek 2.3: Determinační test - společnosti Schuhfried [6, 16]

■ GETA Centum s.r.o.

GETA Centrum s.r.o. je pražská společnost. V oblasti psychodiagnostiky se pohybuje již od roku 1992. Zabývá se vývojem, výrobou, servisem a prodejem specializované elektroniky pro fyziologii práce, sexuologii, psychologii, psychiatrii a další obory [4].



Obrázek 2.4: Determinační test - společnosti *GETA Centrum* [4]

■ Psychosoft

Psychosoft je Brněnská společnost poskytující digitální metody psychodiagnostiky v českém nebo slovenském jazyce [5].



Obrázek 2.5: Determinační test - společnosti *PsychoSoft* [5]

2.2 Administrace

Administrace představuje způsob podání testu. Obvykle je tento způsob podání testu pevně kontrolován a podléhá přesným pravidlům, tak aby samotná administrace nemohla ovlivnit výsledky testu.

2.2.1 Fáze determinačního testu

1. Instrukce:

- Proband je seznámen s ovládacím panelem a jednotlivými úkoly [2].

2. Zácvik:

- Proband absolvuje úkoly dle instrukcí v módu akce a poté v módu reakce. Demonstruje tak pochopení jednotlivých úkolů. Udělá-li proband kritický počet chyb, je možné zácvik přerušit a vrátit se zpět na fázi instrukcí. Během zácviku se neměří data a nevyhodnocují se výsledky [2, 5].

3. Testování:

- Proband se snaží co nejrychleji a správně reagovat na stimulační podněty pomocí ovládacího panelu.

4. Vyhodnocení:

- Po úspěšném ukončení testu jsou měřené hodnoty zpracovány a následně prezentovány ve formě diagramů nebo číselných hodnot v tabulkách. Výsledky probanda je též možné porovnat se zvoleným *standardizačním vzorkem*, který distributor testu poskytuje.

■ 2.2.2 Průběh fáze testování

Test může být administrován v různých módech - (**mód akce, reakce** nebo **adaptivní mód**). Na obrazovce počítače se postupně za sebou zobrazují různě barevné kruhy jedné z pěti, případně šesti předem definovaných barev (**bílá, žlutá, zelená, modrá a červená** případně i **černá**). Zobrazují se i **symboly pedálů** nebo se pomocí reproduktoru či sluchátek přehraje krátká ukáзка **nízkého**, respektive **vysokého tónu**. Symbolem pedálu se rozumí například bílý obdélník umístěný v levém, respektive pravém rohu obrazovky. Zobrazené barevné kruhy či symboly pedálů reprezentují **vizuální podněty**. Přehrávané tóny pak reprezentují **podněty akustické** [2, 4, 5].

Během testu je vždy v jeden moment prezentován **pouze jeden podnět** a doba mezi jednotlivými podněty je závislá na zvoleném módu plněného testu. Pořadí těchto prezentovaných podnětů se pro probanda jeví náhodné, avšak je vždy předem definované. Pevně dané pořadí prezentovaných podnětů zaručí správné rozprostření podnětů tak, aby nebyl žádný podnět vynechán nebo naopak nebyl výrazně častější než ty ostatní (většinou bývá počet prezentací jednotlivých podnětů u všech stejný).

Na rozdíl od módu akce či reakce, mód adaptivní nemá předem stanovený celkový počet podnětů, který bude prezentován. Pokud nastane situace, kdy proband odpoví na v pořadí poslední podnět, bude následně zobrazen podnět v prvním pořadí a celý list podnětů se tak opakuje do vypršení časového limitu pro tento zvolený test [2, 4, 5].

Proband má k dispozici **ovládací panel** obsahující set **pěti až šesti barevných tlačítek** (počet barevných tlačítek je identický s počtem definovaných barev pro vizuální podněty). Panel také obsahuje **pár černých či šedých tlačítek** a **dva pedály**. Užitím ovládacího panelu proband reaguje na tyto vizuální a akustické podněty. Reakcí se tak rozumí stisknutí odpovědného tlačítka či pedálu na daný podnět v co nejkratším možném čase [2, 4, 5].

■ 2.2.3 Nároky na probanda

Pro úspěšné absolvování standardního determinačního testu (bez absence kteréhokoliv typu podnětu) musí být proband schopný jednoznačně rozlišit značení jednotlivých podnětů, rozlišit barvy, tóny a pochopit pravidla přiřazení podnětů k jim relevantním tlačítkům ovládacího panelu a následně zvolit správnou reakci na základě naučených principů z fáze *instrukce*[2].

Kognitivní komplexita těchto pravidel přiřazení v rámci determinačního testu se obecně považuje za nenáročnou a k jejich porozumění je především využita funkce selektivní filtrace.

Nadále musí proband disponovat dostatečnými motorickými dovednostmi, tak aby bylo možné vyloučit jejich vliv na výkon probanda.

Pro nejlepší výsledky tohoto výkonnostního testu by měl být proband v optimální fyzické a psychické kondici [2].

2.3 Administrace testu

Test je možné administrovat ve třech základních módech - mód akce, reakce a adaptivní mód [2, 4, 5].

Test lze dále modifikovat absencí konkrétního typu podnětu. Příkladem je administrace testu pro sluchově postižené, je možné poskytnout test bez akustických podnětů a podobně.

Dále je možné test modifikovat speciálním požadavkem. Speciálním požadavkem může být například zákaz reakce na konkrétní podnět [2].

Podstatné je, aby taková modifikace neovlivnila validitu testu.

2.3.1 Základní módy testů

1. Volné tempo - mód akce:

- Stanoví se konečný počet podnětů nebo pevný časový limit pro test. Proband má neomezený čas na reakci. Při této formě testu není možná opožděná reakce na podnět ani není možné reakci na tento podnět vynechat [2, 5].

2. Nucené tempo - mód reakce:

- Stanoví se konečná doba prezentace pro jednotlivé podněty. Tyto podněty se následně prezentují nezávisle na akci probanda s konstantní rychlostí zadávání. Při této formě testu je možné na podnět opožděně reagovat nebo reakci na tento podnět vynechat [2, 5].

3. Přizpůsobivé tempo - mód adaptivní:

- Test přizpůsobuje rychlost zadávání jednotlivých podnětů dle výkonu probanda. Například dle [2, p. 42] je možné rychlost zadávání jednotlivých podnětů odvodit z průměru posledních 8 reakčních časů.

Rychlost zadávání tak konverguje k limitu probanda. Zadá-li test příliš krátkou dobu na reakci, nastane stav přetížení probanda. Stav přetížení probanda se může projevit opožděnou reakcí, vynecháním reakce či nesprávnou odpovědí na daný podnět.

Nenastane-li správná odpověď na podnět, bude dle [2] zaznamenán dvojnásobek doby prezentace tohoto podnětu za účelem výpočtu doby prezentace následujícího podnětu [2].

Zaručení přetížení probanda tak dle Neuwirtha a Beneshe umožňuje „férové uchopení „reaktivní stresové tolerance““ [2, p.7].

2.4 Vyhodnocení determinačního testu

V závislosti na módu testu se měří tyto proměnné: počet správných respektive chybných odpovědí a při formě nuceného či přizpůsobivého tempa i počet vynechaných reakcí. Dále se z těchto měřených proměnných vypočte například medián reakční doby, střední hodnota reakční doby, klouzavý průměr reakční doby, a odchylka reakční doby [2, 5].

2.4.1 Měřené proměnné

1. Počet podnětů:

- Proměnná *počet podnětů* představuje celkový počet prezentovaných podnětů. V závislosti na formě testu může být počet podnětů předem definovaný nebo proměnný. Počet podnětů je předem definovaný jedná-li se o formu testu s módem akce nebo módem reakce. Je-li administrován test s módem adaptivním, je celkový počet prezentovaných podnětů závislý na výkonu probanda. Proband s vyšším pracovním tempem je v čase vyhrazeném pro test vystaven více podnětům než proband s nižším pracovním tempem.

2. Reakce:

- Proměnná *reakce* představuje stisknutí tlačítka ovládacího panelu. Reakce se dále dělí na reakce *správné*, *chybné* a *vynechané*.

A Správné reakce:

- Proměnná *Správné reakce* je hlavní proměnou determinačního testu administrovaného v adaptivním módu, kde představuje přímo reaktivní stresovou toleranci. Za *správnou* reakci se považuje reakce probanda, která odpovídá požadované reakci na zadaný podnět. Správné reakce souvisí s funkcí selektivní filtrace a velké počty správných odpovědí naznačují vytrvalost [2].

B Chybné reakce:

- Proměnná *chybné reakce* představuje reakce, které nejsou v souladu s požadavkem, nebo je podnět již zodpovězen. Chybné reakce také souvisí s funkcí selektivní filtrace pozornosti a časté chyby naznačují tendenci jednat zbrkle [2].

C Vynechané reakce:

- Proměnná *vynechaná reakce* představuje počet podnětů, u kterých během jejich prezentace neproběhla žádná reakce. Proměnná *vynechané reakce* souvisí s pozorností a velké počty vynechaných reakcí naznačují tendenci resignovat [2].

3. Reakční doba

- Proměnná *reakční doba* nebo také *reakční čas* představuje čas měřený od počátku prezentace podnětu do stisku tlačítka na ovládacím panelu. Nízké reakční časy souvisí s rozhodností a schopností rychle reagovat [2].

2.4.2 Vypočtené proměnné

1. Medián reakční doby [ms]:

- Proměnná *medián reakční doby* představuje medián naměřených reakčních dob probanda. Tato proměnná je hlavní proměnou pouze při administraci módu akce. V adaptivním módu je pouze vedlejší proměnou a při administraci testu s módem reakce nemá smysl tuto proměnou měřit (je vždy stejná a odpovídá tempu zadávání podnětů ≈ 1 až 2 sekundy v závislosti na distributorovi). Nízkých hodnot mediánu reakční doby dosahují osoby schopné reagovat velmi rychle [2].

2.4.3 Interpretace výsledků

Naměřené výsledky - hrubý skór, je možné interpretovat ve formě váženého skóru, jako je například percentil schody proměnných se srovnaným referenčním vzorkem, případně *Z-skór* nebo *STEN* [2, 5].

Průměr v tomto významu **nepředstavuje** aritmetický průměr - jednu hodnotu výkonu, kterou má každý průměrný člen populace, ale rozmezí výkonů takové, že nachází-li se naměřené skóre výkonu v tomto rozmezí, lze jej považovat za průměrné.

Výkon	Shoda s referenčním vzorkem (v percentilu)
Podprůměrný výkon	0-16
Podprůměrný až průměrný výkon	16-24
Průměrný výkon	25-75
Mírně nadprůměrný výkon	76-84
Nadprůměrný výkon	84 a více

Tabulka 2.1: Obecné interpretační vodítko výsledků dle [2]

Interpretační vodítko pro dopravně psychologickou diagnostiku

Interpretační vodítko pro dopravně psychologickou diagnostiku se liší v závislosti na zemi, ve které je interpretace výsledku prováděna. V Rakousku a Německu určuje interpretaci výsledku platná směrnice pro vydávání potvrzení o psychické způsobilosti pro řízení motorového vozidla. V České a Slovenské Republice se kategorie řidičů dělí na *běžného řidiče* a *řidiče se zvýšenou zodpovědností*. Těmto skupinám následně náleží jiná kritická hodnota percentilu pod kterou je výsledek probanda nedostačující. Pro běžné řidiče je touto kritickou hodnotou 16. percentil. Pro řidiče se zvýšenou zodpovědností je nutno překonat 33. percentil [2].

2.4.4 Způsob prezentace výsledků

Číselné hodnoty v tabulkách

1. Matice odpovědí:

- Matice odpovědí (Obr.: 2.6) znázorňuje kombinace požadovaných reakcí a jim přiřazených reakcí. Číslo v tabulce určuje kolikrát byla zvolena odpověď, uvedená na počátku sloupce, při požadavku uvedeném na počátku řádku. Čísla na diagonále symbolizují správné odpovědi respektive čísla mimo diagonálu reprezentují chybné reakce [2].
- Jsou-li chybné reakce rovnoměrně rozprostřeny, je možné předpokládat, že chyba nastala nedostatečnou funkcí selektivní filtrace [2].

Tato forma chyby je očekávána a je součástí měření. Existuje však kombinace požadavku a odpovědi s evidentně vyšším číslem než u všech ostatních, lze předpokládat, že došlo k systematické chybě (například záměny dvou tlačítek). Tento typ chyby není součástí běžného měření a je třeba jej odborně prověřit a adekvátně vyhodnotit.

2. Souhrnná tabulka odpovědí:

- Souhrnná tabulka odpovědí (Obr.: 2.7) uvádí konečné hodnoty měřených proměnných a popřípadě srovnání se zvoleným referenčním vzorkem.

2.4. Vyhodnocení determinačního testu

Reakcie (vyžadované)	N.g. (0)	Biela (64)	Žltá (66)	Červená (66)	Zelená (66)	Modrá (65)	P. noha (65)	L. noha (65)	V. zvuk (67)	N. zvuk (63)
Biele odpovede		60							1	
Žlté odpovede			65							
Červené odpovede				63	1		1			1
Zelené odpovede					62		1		1	1
Modré odpovede					1	59	1			
Odpovede p.nohy							65			
Odpovede l.nohy								64		
Odpovede v.zvuk									61	
Odpovede n.zvuk		1								61
Vynechané		3	1	3	3	6		1	5	2
Súčet nesprávnych		1			2		3		2	2

Obrázek 2.6: Matice odpovědí užitá společností *Schuhfried* [2]

Výsledky

Souhrn | Skupiny | Detailní hod.

Konfigurace testu

Charakteristika

Jméno testu : BTP09.DT

Typ testu : Standardní test

Čas běhu testu : 4.1.2007 16:10:37 - 16:11:29

Statistika testu

Celkový počet podnětů v testu : 50

Celkový počet barevných podnětů : 30

Celkový počet podnětů s tóny : 11

Celkový počet podnětů s pedály : 9

Délka testu [mm:ss] : 00:52

Souhrnné hodnocení testu

Reakce	Počet	Prům. reak. čas
správné	19	0,76
opožděné	8	1,03
správné + opož.	27	0,84
chybné	8	0,54
vynechané	15	-
neprovedené	0	-

Normované hodnocení testu v percentilech
Verze norem: v3_2009

Reakce	věk. kat.: nad 60	všechny věk. kat.
správné	91	39
správné + opož.	84	27
reak. čas správ.	60	39
reak. čas sp. + opož.	88	45

DT-B16 | DT-B12 | DT-B09 | DT-BT16 | DT-BT12 | DT-BT09 | DT-BTP16 | DT-BTP12 | DT-BTP09 | DT-Souhrn

Obrázek 2.7: Souhrnná tabulka výsledků užitá společností *GETA Centrum*[4]

3. Detailní tabulka odpovědí:

- Detailní tabulka odpovědí (Obr.: 2.8) uvádí všechny prezentované podněty a jim přiřazené odpovědi spolu s reakčními časy těchto odpovědí v takovém pořadí, v jakém byly prezentovány v testovací fázi determinačního testu [4].

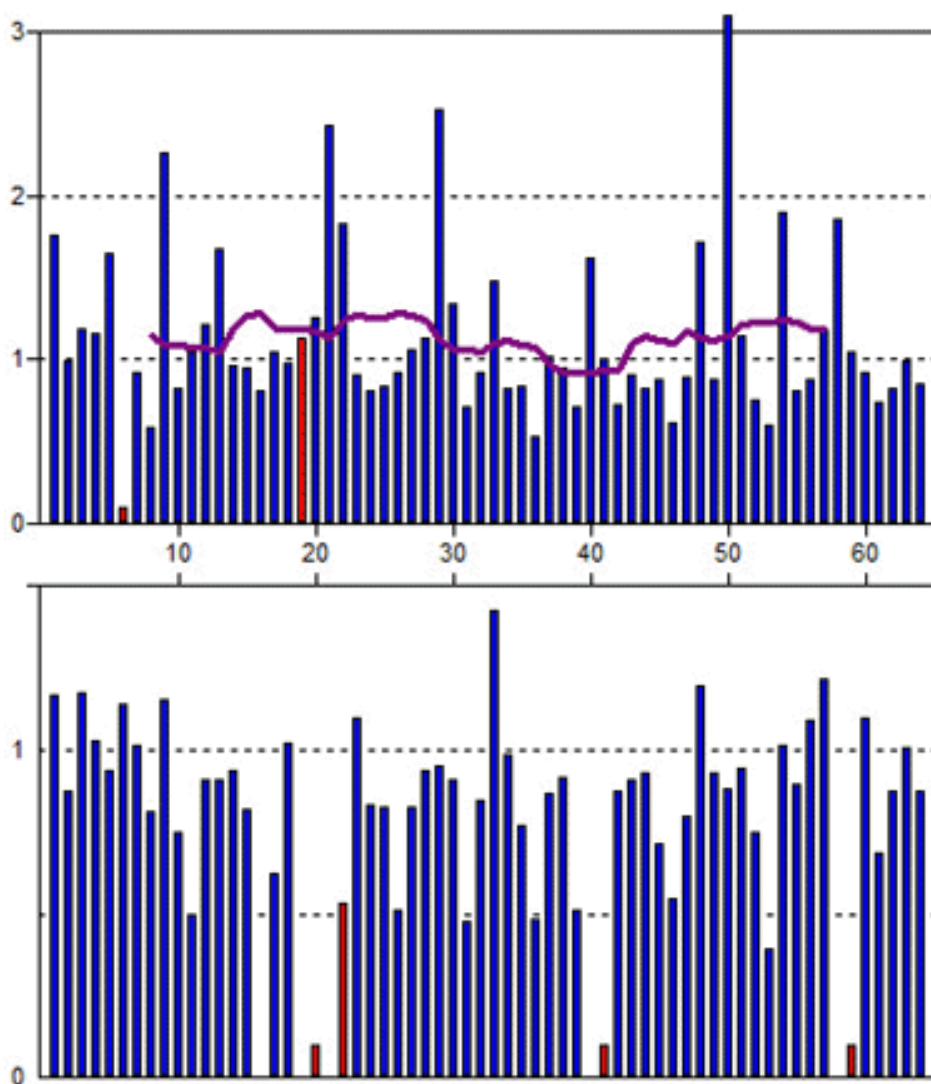
Detailní hodnocení														
Pořadí	Řízení pod.	R	Podněty			Reakce						Reak.č.	Hodnocení	P
1	0,9	●	●	●	●							0,76	správná	1
2	0,9	●	●	●	●							1,05	opožděná	1
3	0,9	●	●	●	●							0,94	opožděná	1
4	0,9	⬇	⬇	⬇								-	vynechaná	-
5	0,9	●	●	⬇								0,26	chybná	-
6	0,9	●	●	●								0,21	chybná	-
7	0,9	→	→	→								1,02	opožděná	1
8	0,9	⬇	⬇	⬇								-	vynechaná	-
9	0,9	●	●	●								0,96	opožděná	1
10	0,9	←	←	←								0,70	správná	1
11	0,9	⬇	⬇	⬇								-	vynechaná	-
12	0,9	●	●	●								-	vynechaná	-
13	0,9	●	●	●								0,39	chybná	-
14	0,9	●	●	●								0,36	správná	1
15	0,9	●	●	●								-	vynechaná	-
16	0,9	⬇	⬇	⬇								0,95	opožděná	1
17	0,9	←	←	←								-	vynechaná	-
18	0,9	⬇	⬇	⬇								0,21	chybná	-
19	0,9	●	●	●								-	vynechaná	-
20	0,9	●	●	●								0,43	chybná	-
21	0,9	←	←	←								0,35	správná	2

Obrázek 2.8: Detailní tabulka výsledků užitá společností *GETA Centrum*[4]

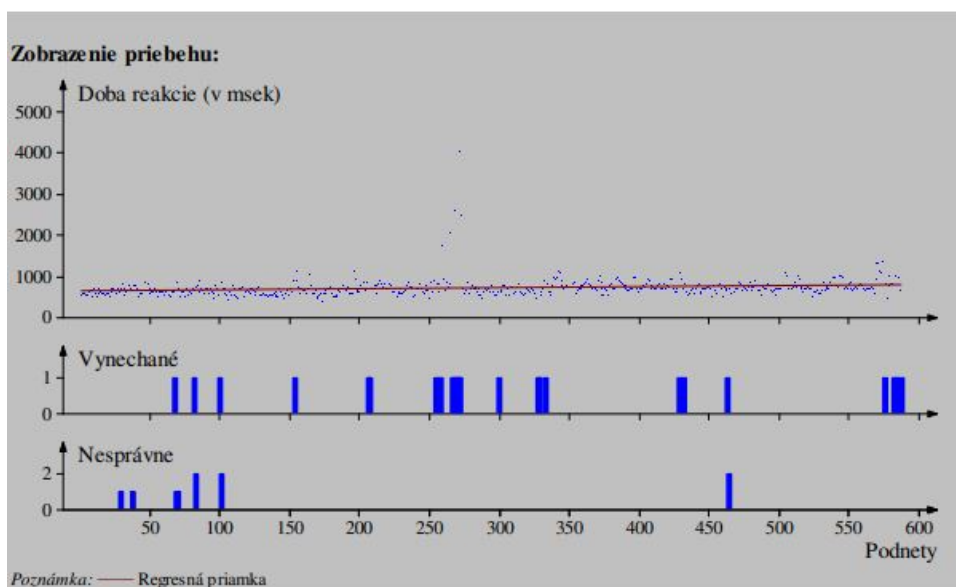
■ Diagramy

1. Detailní diagram odpovědí:

- Detailní diagram odpovědí (Obr.: 2.9) v řadě uvádí všechny prezentované podněty v takovém pořadí, v jakém byly prezentovány v testovací fázi determinačního testu. Výška sloupce udává délku konkrétní reakce a barva informuje o správnosti odpovědi - modrý sloupec odpovídá správné odpovědi respektive chybné odpovědi odpovídá sloupec červený. Pro demonstraci se jedná o dvojité diagram. V horní části je diagram pro formu testu s volným tempem a v dolní části je diagram pro formu testu s nuceným tempem (doba prezentace podnětu je pevně daná a činí $1,5 s$). Při formě testu s volným tempem je v tomto případě (Obr.: 2.9 - horní část) fialovou čarou znázorněn klouzavý průměr času reakcí [5].
- Na detailním diagramu odpovědí je pomocí regresní křivky nebo klouzavého průměru možné sledovat vytrvalost probanda při dlouhodobé zátěži nebo zda se trend výkonu probanda výrazně nezměnil v konkrétní části testu. Například sklon regresní přímky na obrázku 2.10 je možné interpretovat jako únavu probanda ústící v pozvolné prodloužení doby reakce na zadávané podněty [2].



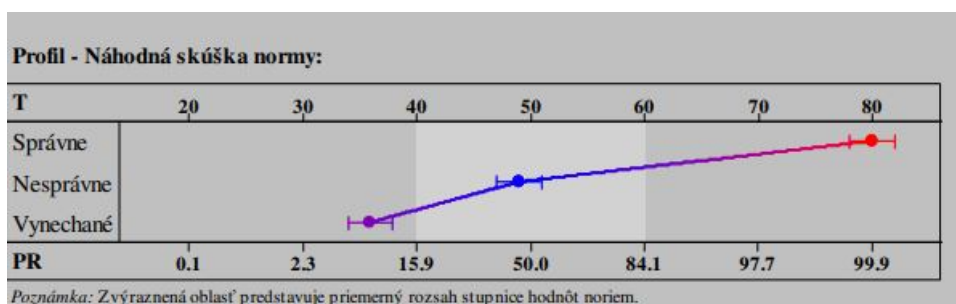
Obrázek 2.9: Detailní diagram odpovědí užítý společností *Psycho Soft System*



Obrázek 2.10: Detailní diagram odpovědí užitý společností *Schuhfried* [2]

2. Diagram profilu:

- Diagram profilu (Obr.: 2.11) umožňuje rychlé porovnání výkonu probanda se zvoleným referenčním vzorkem. Pásma dělicí diagram na tři části jsou určena dle obecného doporučení interpretačního vodítka. Chybové úsečky jednotlivých bodů vymezují oblast, ve které je 95% pravděpodobnost výskytu reálné hodnoty výkonu probanda [2].



Obrázek 2.11: Diagram profilu užitý společností *Schuhfried* [2]

■ 2.4.5 Objektivní interpretace

Dle Svobody je test „objektivní, když jsou jeho výsledky nezávislé na osobě, která test předkládá a která jej vyhodnocuje” [3, 44].

U výkonových testů je poměrně jednoznačné zachování objektivity výsledku, jelikož měřené veličiny jsou samy o sobě v objektivních jednotkách. Obzvláště je tomu tak, jedná-li se o test administrovaný digitálně. Podstatné je ujistit se, že proband **bezchybně chápe instrukce testu**. K tomu slouží krok zácvicí, který poskytuje dostatečnou zpětnou vazbu administrátorovi testu. Problematika objektivy testu je náročnější u jiných forem testu.

■ 2.4.6 Kvalita měření

Do jaké míry je kvalitní měření testové metody posuzují faktory *validita* - zda navržený test ve skutečnosti měří to, co se po něm teoreticky očekává a *reliabilita* - spolehlivost a opakovatelnost měření.

2.5 Technické měření - měření času

Validita a *Reliabilita* determinačního testu je nejvíce ohrožena v oblasti měření reakčních časů. A proto je v následující podkapitole věnována pozornost této problematice vztážená k produktu této práce - prototypu determinačního testu.

2.5.1 Měření času časovačem řídicí jednotky

Determinační test měří reakční časy probanda, které se pohybují kolem 900 ms. Vyplývá tak ze střední hodnoty obrázku 2.2 ≈ 450 ms, ke které se přičte zpoždění 50 ms za každou možnou volbu (devět voleb) ≈ 450 ms. Je potřebné, aby řídicí jednotka byla schopna měřit čas s dostatečnou přesností a citlivostí. Tyto vlastnosti časovačů se odvíjí od hardwaru, operačního systému řídicí jednotky a příkazu, který časovač ovládá. [14, 17, 18].

2.5.2 Kvalitativní charakteristiky časovačů

- Citlivost - nejmenší možný krok, který je časovač schopný učinit - první derivace měřené veličiny [17, 19].
- Přesnost - směrodatná odchylka měřené hodnoty od reálné hodnoty. Závisí především na operačním systému [17].
- Drift - představuje nelineární chování časovače v kontextu měření dlouhých časových intervalů (například RTC).

Časovač je nástroj počítače určený k záznamu časových dějů. Skládá ze dvou funkcí - *Generátor tiku* a *čtení*. *Generátor tiku* představuje hardwarovou složku časovače. Nejčastěji je realizován v podobě krystalového oscilátoru

(využití piezoelektrického jevu). v ideálním případě krystal generuje pulzy („*Tik*“) s konstantní frekvencí. Tato frekvence představuje rychlost procesoru (rychlost CPU) a udává tak maximální (ideální) citlivost časovače. Tato citlivost se v současnosti pohybuje v řádu nanosekund (rychlost CPU 1 MHz \approx 1 ns citlivost). *Čtení* představuje softwarovou funkci, která je schopna generované pulzy zaznamenat a dále informaci o nich předat. Funkce čtení v závislosti na operačním systému bývá obvykle pomalejší než je CPU a z toho důvodu udává skutečnosti bližší citlivost časovače. Rychlost čtení, s jakou časovač čte tiky lze ovlivnit příkazovou funkcí, kterou funkci čtení voláme. Vliv operačního systému a zvolené příkazové funkce na reálné citlivost časovače lze najít zde [20]. V závislosti na vytížení systému, se může operační systém rozhodnout funkci čtení zpomalit nebo dokonce přerušit (opět lze ovlivnit příkazovou funkcí). Proměnná hodnota citlivost vede ke snížení přesnosti časovače (druhou derivací citlivost „*Jitter*“ lze považovat za téměř náhodnou) [20, 21, 22, 23, 17].

Na výsledné chybě měření reakční doby se pak, mimo jiné, podílí přesnost měření časovače, zpoždění způsobené komunikací (více v podkapitole *Elektrotechnické specifikace Raspberry Pi 4 Computer Model B*) a softwarové řešení vyvolání příkazu čtení.

2.5.3 Softwarová realizace měření času

```

349             # Get response time
350             press_time_ns = (time.time_ns() - self.
epoch_time)
351             self.response_time_ns = press_time_ns
- reset_respond_time_ms * 1000000

```

Obrázek 2.12: Test - softwarové řešení měření reakčního času
Soubor: DTFormaA.py

Funkce čtení časovače je v rámci skriptu determinačního testu řešena pomocí Python modulu „*time*“.

Tento modul nabízí funkci „*time_ns*“, která dle [20] při spuštění na operačním systému Linux dosahuje citlivosti 84 ns. V případě využití operačního systému Linux je dle [23] pak přesnost měření času v řádu 1 μ s.

Podle [21, 22] lze dosáhnout podobných hodnot citlivosti a přesnosti i u operačního systému Windows, avšak náročnost optimalizace skriptu Testu za účelem dosažení takových hodnot je nad rámec této práce. Microsoft ve své dokumentaci [22] uvádí přesnost časovače při běžné konfiguraci Windows rovnou ± 15 ms.

■ 2.5.4 Přesnost měření reakčních časů prototypu determinačního testu

Při uvážení faktorů uvedených v této podkapitole lze předpokládat, že výsledný produkt této práce měří reakční časy s citlivostí v řádu nanosekund a přesností v řádu mikrosekund. Relativní chyba měření reakčních časů tak přibližně činní $\delta \approx 1,1 \cdot 10^{-4}$ % dle rovnice 2.1 převzaté z [19, p. 15]:

$$\delta(t) = \frac{\Delta t_{max}}{x} \cdot 100 = \frac{0.001}{900} \cdot 100 = 1,1 \cdot 10^{-4} \% \quad (2.1)$$

Je však nutné zdůraznit, že v důsledku „*Switch Bounce*“ (více v podkapitole *Mechanické spínače*), který je v programu testu softwarově ošetřen, zařízení nebude registrovat opětovné stisknutí nastane-li, po předchozím stisknutí, v kratším čase než je 200 ms.



Část II

Praktická část



Kapitola 3

Úvod do praktické části

V této části práce bude kladen důraz na realizaci vlastního prototypu determinálního testu. Budou zde rozvedeny tři základní oblasti konstrukce funkčního celku determinálního testu. Mezi tyto základní části patří návrh logického obvodu, návrh fyzické konstrukce ovládacího panelu a na závěr je naznačen vývoj softwarového prostředí determinálního testu.

Mezi dílčí kroky těchto základních oblastí patří, mimo jiné, zpracování fyzických reakcí na podněty ve formě stisku mechanického tlačítka a jejich převod na digitální proměnné programu testu. Také zde patří zhotovení krytu ovládacího panelu, který bude chránit potřebnou elektrotechniku a poskytne potřebnou oporu pro upevněné tlačítka. A v neposlední řadě je samotný program adaptivního módu testu, s instrukcemi a zácvikem.

V digitální formě je test prezentován pomocí audiovizuálního prostředí počítače. K jeho ovládní pak slouží speciální ovládací panel. Funkční prototyp takového testu musí být schopný plnit funkce instrukce ovládní, zadávání testu, registrování reakcí a následné vyhodnocení měřených veličin nebo také i případné uchování dat.

Kapitola 4

Funkcionální celek determinačního testu

Funkcionální celek počítačové verze determinačního testu se skládá z kombinace hardwaru a softwaru.

Hardware je reprezentován ovládacím panelem a řídicí jednotkou s připojeným audiovizuálním rozhraním (obrazovka a reproduktory) [2, 4, 5].

Software je reprezentován aplikací determinačního testu.

4.1 Sestava ovládacího panelu a audiovizuálního rozhraní

Sestava ovládacího panelu, obrazovky a audiovizuálního rozhraní dohromady tvoří celek označený jako **Human Machine Interface** (HMI), pomocí kterého proband interaguje s aplikací determinačního testu.

4.2 Konstrukce ovládacího panelu

Fyzická realizace ovládacího panelu má dvě varianty. První varianta konstrukce je mechanická s využitím mechanických spínačů. Druhou variantou konstrukce je varianta dotyková s využitím dotykové obrazovky jako ovládacího prvku. Obě verze jsou doplněny levým a pravým mechanickým pedálem [2, 4, 5].

U dotykové varianty jsou mechanické spínače, určené pro reakci rukou, nahrazeny digitálním modelem tlačítek.

Podstatnou součástí ovládacího panelu je hmatová zpětná vazba (haptic feedback). Kvalitní hmatová zpětná vazba napomáhá motivovat respondenta při absolvování testu. Snižuje tak chybovost odpovědí a vliv neměřených stresujících faktorů [24].

Jakým způsobem člověk zpracovává hmatovou zpětnou vazbu a její samotný vztah ke kognitivním funkcím, zkoumá teorie vtělené kognice (embodied cognition). V současnosti existuje více přístupů a teorií v rámci vtělené kognice, jakými lze tuto tematiku uchopit [25].

Dotyková obrazovka má sama o sobě minimální hmatovou zpětnou vazbu, avšak je možné ji uměle vylepšit například krátkou vibrací či zvukem po dotyku obrazovky. Vyhodnocení minimální nutné hmatové zpětné vazby pro zachování validity testu je však nad rámec této práce a z tohoto důvodu se dále zaměříme na variantu mechanické konstrukce ovládacího panelu [24].

Forma mechanické konstrukce se designem v závislosti na distributorech liší. Vzhledem k celosvětovému uznání společnosti Schuhfried volím jako předlohu pro konstrukci *Advanced response panel* (Obr.: 4.1) jejich produkce. Tento panel je však určen pro více psychodiagnostických testů programu VTS. Determinační test tak využívá pouze část tohoto panelu.

4.2.1 Analýza ovládacího panelu *Advanced response panel* společnosti Schuhfried



Obrázek 4.1: Ovládací panel determinálního testu společnosti Schuhfried - *Advanced response panel* [26]

Ovládací panel vyhrazený pro ovládání determinálního testu tvoří **kryt panelu** a set **devíti mechanických spínačů**. Reakci na vizuální podněty je přiřazeno pět barevných tlačítek a dva pedály. Dvě podélná tlačítka šedých odstínů jsou pak určena pro reakci na podněty akustické [26].

4.3 Sestava řídicí jednotky a ovládacího panelu

Sestava řídicí jednotky spolu s mechanickými spínači ovládacího panelu tvoří logický obvod, kde mechanické spínače představují *logické vstupy* jednoduché kombinační funkce. Výstupy této kombinační logické funkce jsou vedeny na jednotlivé digitální vstupy řídicí jednotky. Řídicí jednotka tak, mimo jiné, plní sekvenční logické funkce logického obvodu v rámci aplikace determinálního testu. *Aplikace* či *aplikační software* nebo-li *programové vybavení* determinálního testu pak označuje sadu programů, která postupně udává detailní instrukce k řízení zvolené řídicí jednotky [27, 28].

4.4 Volba řídicí jednotky

Řídicí jednotka je stěžejní část funkčního celku determinačního testu. Funkcí řídicí jednotky je spuštění a provoz softwarové aplikace determinačního testu, zpracování a převod mechanických vstupů spínačů na digitální logické proměnné, měření požadovaných veličin a následné vyhodnocení dat. Řídicí jednotka může být součástí panelu ve formě mikrokontroléru nebo odděleně například ve formě programovatelného automatu nebo počítače standardu PC.

4.4.1 Požadavky na řídicí jednotku

Pro převod devíti mechanických vstupů na digitální logické proměnné, musí řídicí jednotka obsahovat alespoň devět pinů určených pro jejich připojení. Dále je také nutno zajistit dostatečnou paměť pro ukládání dat měřených hodnot v průběhu testu a dostatečný výkon pro správný chod celé soustavy determinačního testu. Výkonem se rozumí rychlost CPU (Central Processing Unit), která zajistí dostatečné rozlišení měření času. Grafická část aplikace bude zobrazena na obrazovce PC a z toho důvodu je také důležitá forma komunikace s ním. Podstatným prvkem je programovací jazyk, v kterém je řídicí jednotka schopna operovat. Je nutné, aby programovací jazyk vůbec umožnil navržení samotného programu aplikace. Z ekonomických důvodů je výhodné také přihlížet na cenu řídicí jednotky. Je-li řídicí jednotka součástí konstrukce panelu, je třeba volit spíše kompaktní rozměry jednotky.

■ 4.4.2 Parametry řídicích jednotek

Na trhu se pohybuje velké množství možných řídicích jednotek různých provedení. Pro prohloubení kontextu jsou zde uvedeny tři zásadně rozdílné, možné řídicí jednotky - **PLC SIMATIC S7-200 CPU 312C**, **Raspberry Pi 4 B** a **Arduino UNO**.

■ PLC SIMATIC S7-200 CPU 224C

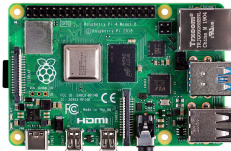


Obrázek 4.2: PLC SIMATIC S7-200 CPU 224C [29]

Manuál technických specifikací uvádí:

- Typ řídicí jednotky: PLC
- Počet digitálních vstupů: 14.
- Paměť: 12 KB.
- Rychlost CPU: 4.5 MHz.
- Cena: V rozmezí 5 000 - 15 000 Kč v závislosti na distributorovi.
- Komunikace s PC: Ethernet (Přídavný modul).
- Operační napětí: 24 V
- Programovací prostředí: Microwin [29].

■ Raspberry Pi 4 Computer Model B (RPi4B)



Obrázek 4.3: Raspberry Pi 4 Computer Model B [30]

Manuál technických specifikací uvádí:

- Typ řídicí jednotky: Miniaturní obdoba osobního počítače (PC)
- Počet digitálních vstupů: 27.
- Paměť: 1-8 GB (V závislosti na modelu).
- Rychlost CPU: 1.5 GHz.
- Cena: Přibližně 1 500 Kč.
- Komunikace s PC: Ethernet/USB.
- Operační napětí: 3.3/5 V.
- Programovací jazyk: Libovolné obecné programovací jazyky (Volím Python) [31].

■ Arduino UNO



Obrázek 4.4: Arduino Uno [32]

Manuál technických specifikací uvádí:

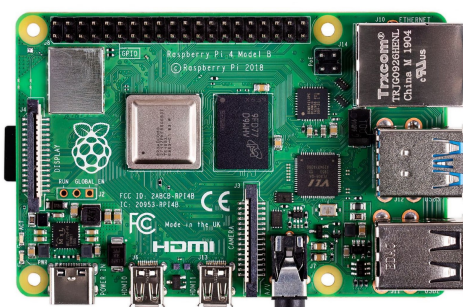
- Typ řídicí jednotky: mikrokontrolér
- Počet digitálních vstupů: 14.
- Paměť: 32 KB.
- Rychlost CPU: 16 MHz.
- Cena: Přibližně 400 Kč.
- Komunikace s PC: USB.
- Operační napětí: 5 V.
- Programovací prostředí: Arduino IDE [32].

V neposlední řadě je možné jako řídicí jednotku využít standardní osobní počítač PC, avšak je nutné vyřešit způsob, jakým se zpracují vstupy mechanických spínačů (například RPi4B v režimu *remote GPIO*).

4.5 Zvolená řídicí jednotka

V rámci této práce pro realizaci determinačního testu **volím** jako řídicí jednotku **Raspberry Pi Computer 4 Model B**. RPi4B je z uvedených možností nejvíce univerzální. Jeho rozměry jej umožňují implementovat do konstrukce ovládacího panelu, disponuje dostatečným výkonem a funkcemi pro chod determinačního testu a to při poměrně příznivé ceně. Společnost *Raspberry Pi Foundation* klade velký důraz na vzdělání v tomto oboru a spolu s velmi rozsáhlou online komunitou tak otevřeně podporuje studentské projekty. Z toho důvodu je relativně snadné naučit se s RPi4B optimálně operovat a do hloubky mu porozumět. Narozdíl od řídicích jednotek PLC SIMATIC S7-200 a Arduino UNO je RPi4B počítačem standardu PC a z toho důvodu je možné přímo na něj napojit audiovizuální rozhraní a kompletně tak vynechat komunikaci s jiným počítačem. Důsledkem je konzistentní výkon a poměrně mobilnější zařízení. Naopak je také možné za pomoci funkce *Remote GPIO* vyřadit RPi4B jako řídicí jednotku a použít jej pouze jako zprostředkovatele logických vstupů ovládacího panelu, v takovém případě zastává funkci řídicí jednotky právě počítač, se kterým RPi4B komunikuje. Obvykle tento počítač bývá vzhledem k větším rozměrům mnohonásobně výkonnější než samotný RPi4B. Je poměrně snadné mezi těmito stavy přecházet a proto následné rozhodnutí zda využít *Remote GPIO* pak závisí spíše na preferenci zachování konzistentního výkonu (aktivní výkon: výkon RPi4B) a lepší mobility zařízení nebo naopak požadavku výkon zvýšit (aktivní výkon: výkon počítače, se kterým RPi4B komunikuje) za cenu snížení mobility a rozšíření hardwarové části funkčního celku determinačního testu o tento počítač [33, 34].

4.6 Elektrotechnické specifikace Raspberry Pi 4 Computer Model B (RPi4B)



Obrázek 4.5: Raspberry Pi 4 Computer Model B [30]

4.6.1 Technická dokumentace RPi4B

V tuto chvíli společnost *Raspberry Pi Foundation* ve své technické dokumentaci [31] neuvádí kompletní a dostatečně detailní elektrotechnické specifikace RPi4B. Pro doplnění se lze orientovat podobnými hodnotami v technické dokumentaci [35] modelu Raspberry Pi Compute Module 4 (CM4). Model CM4 je industriální obdoba RPi4B a taktéž se řídí standardem *LVC MOS* [31, 35].

4.6.2 Napájení

pro optimální chod RPi4B jsou tedy doporučené hodnoty jmenovitého proudu 2,5 až 3A v závislosti na připojené zátěži. Optimální hodnota jmenovitého napětí zdroje pak činí 5V. Po celou dobu chodu RPi4B by však toto napětí nikdy nemělo klesnout pod 4,75V pro zaručení bezporuchového chodu. Nečinně zapnuté RPi4B v závislosti na operačním systému spotřebuje zhruba proud o velikosti 0,4A a orientační odběr proudu při běžné zátěži pak činí přibližně 1,4A v závislosti na konkrétní činnosti, kterou RPi4B vykonává [31, 35].

Symbol	Parametr	Minimum	Maximum
V_{IN}	Vstupní napětí 5V	-0,5 V	6 V
V_{GPIO_VREF}	GPIO napětí	-0,5 V	3.6 V
V_{gpio}	Vstupní napětí GPIO	-0,5 V	$V_{GPIO_VREF} + 0,5$ [V]

Pozn.: Uvedené hodnoty platí pro stejnosměrný proud (DC)

Tabulka 4.1: Limitní hodnoty voltampérové charakteristiky CM4 [35]

4.6.3 Komunikace s externím PC

Pro komunikaci s počítačem je možné využít jak bezdrátové připojení tak připojení pomocí Ethernet kabelu [31, 35].

Bezdrátové připojení

Bezdrátové připojení je v RPi4B možné přes **2.4 GHz/5.0 GHz IEEE 802.11 b/g/n/ac wireless LAN** (Wi-Fi) nebo **Bluetooth 5.0** s BLE [31].

Vzhledem k velké prakticky nahodilé nestabilitě rychlosti přenosu dat je v rámci funkce determinačního testu bezdrátové komunikování s počítačem nepoužitelné. I přes tuto nevýhodu však možnost bezdrátové komunikace s počítačem značně usnadnila proces vývoje softwarové aplikace a testování jejích funkcionalit.

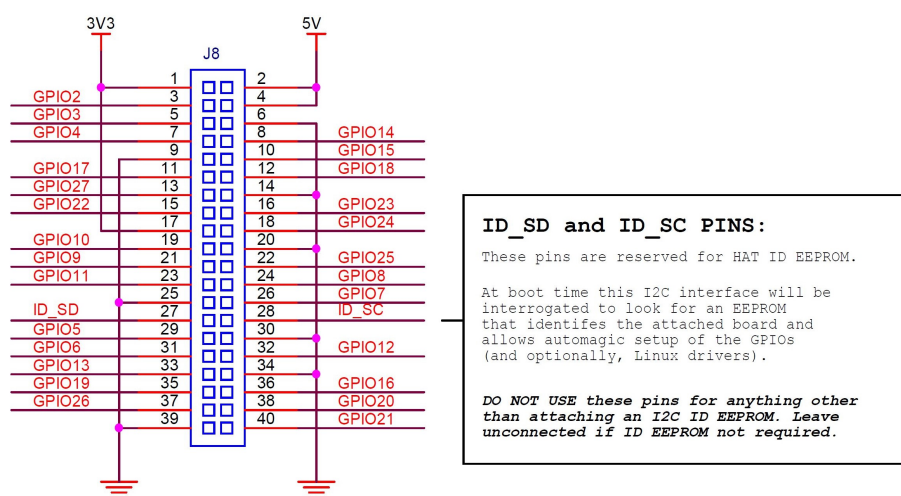
Protokol fyzické vrstvy - Etherent

RPi4B disponuje jedním standardním portem 1:1 RJ45 MagJack pro fyzické připojení **Gigabit Ethernet** kabelu, které je v souladu s **IEEE 1588-**

2008. Mimo jiné lze tímto portem RPi4B i napájet. Z [36] vyplývá, že je pro naše účely možné vliv komunikace pomocí Gigabit Ethernetu na měření reakčních časů v rámci determinačního testu zanedbat (zpoždění přenosu dat simulovaného modelu SAM - *Stand Alone Machine* se pohybuje kolem 0,5 ms) [31, 35].

Vzhledem k stabilitě Ethernet komunikace, je teoreticky také možné empiricky zjištěné zpoždění přenosu dat softwarově korigovat v rámci aplikace determinačního testu.

4.6.4 Hlavička pinů - J8



Obrázek 4.6: „GPIO Pinout” - Rozložení pinů J8 [31]

J8 označuje hlavičku 40 fyzických pinů typu samec, která je umístěna na desce RPi4B. Pinem se rozumí elektrický kontakt umožňující připojení dalších externích elektrotechnických modulů k desce RPi4B [37].

■ Zdrojové piny

J8 obsahuje 4 zdrojové piny. 2 zdrojové piny zásobují 5V stejnosměrného (DC) napětí označené „5V” a 2 piny zásobující 3.3V stejnosměrného napětí označené „3V3”. Tyto piny nejsou softwarově ovladatelné a **maximální odváděný proud ze zdrojového pinu 3.3V na jeden pin činí 300 mA s maximálním celkovým odváděným proudem 600 mA**. Dále je na J8 umístěno 8 pinů země (0V) označené jako „Ground” nebo „GND” [31, 35, 38].

■ GPIO

28 pinům hlavičky J8 je vyhrazena funkce GPIO nebo-li *General Purpose Input/Output*. Volný překlad názvu popisuje funkci těchto GPIO pinů jako vstupy nebo výstupy obecného účelu. Rozložení GPIO pinů spolu se zemí a zdrojem je stručně zobrazeno na obrázku 4.6. Jednotlivé GPIO piny mají až 6 alternativních softwarově ovladatelných funkcí a jejich výpis lze nalézt v technické dokumentaci *Raspberry Pi 4 Model B Datasheet* a jejich detailní popis v *BCM2711 ARM Peripherals* [31, 39].

Symbol	Parametr	Min.	Max.	Veličina
$V_{IL(gpio)}$	Vstupní nízké napětí	0	0,8	V
$V_{IH(gpio)}$	Vstupní vysoké napětí	2	-	V
$V_{OL(gpio)}$	Výstupní nízké napětí	-	0,4	V
$V_{OH(gpio)}$	Výstupní vysoké napětí	2,6	-	V
$I_{IL(gpio)}$	Svodný proud	-	10	μA
$I_{OL(gpio)}$	Výstupní nízký proud	7	-	mA
$I_{OH(gpio)}$	Výstupní vysoký proud	7	-	mA

Tabulka 4.2: Tabulka napěťových specifikací GPIO pinů RPi4B [38]

■ 4.7 Obvod zapojení

■ 4.7.1 Logický obvod

Logický obvod je nástrojem logického řízení. Umožňuje zpracování logických proměnných, které nabývají vždy jen dvou hodnot (logická 0 / logická 1) a přenáší informace o řízeném procesu [27].

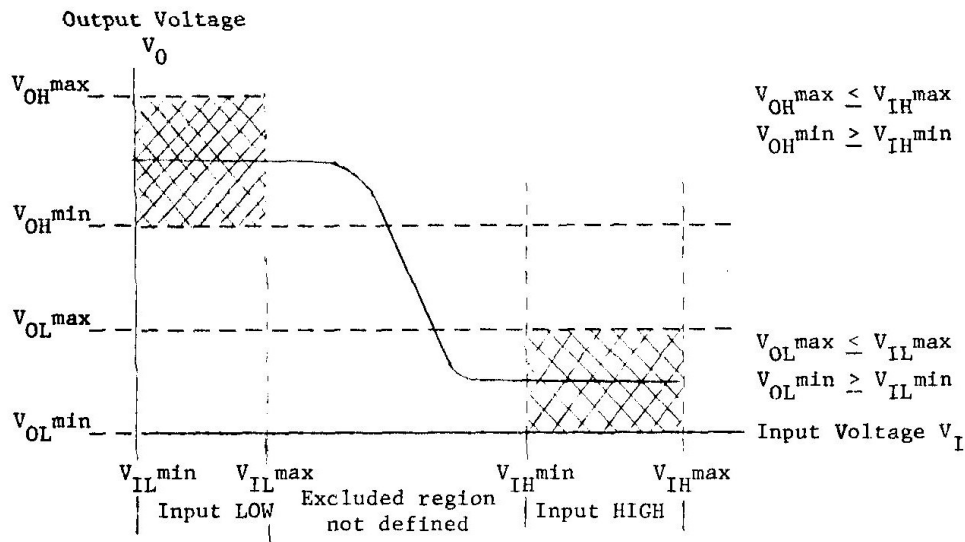
Vstupem logického obvodu jsou mechanické spínače ovládacího panelu a nositelem informace hodnoty logické proměnné je **napětí**. Napětí je však spojitý signál, který je třeba pro účely logického obvodu převést na signál digitální. Pro převod spojitého signálu napětí na digitální signál slouží různé technologie převodu napětí označené jako *rodiny digitálního obvodu na napěťové logické úrovni* [40].

■ 4.7.2 Napěťové logické úrovni

Napěťová logická úroveň představuje, jakou hodnotu napětí musí řídicí jednotka naměřit na svém pinu, aby jej mohla vyhodnotit jako vysokou (logická 1), respektive nízkou (logická 0) logickou úroveň napětí.

Raspberry Pi4B operuje na logice standardu LVCMOS [38].

■ Intervaly hodnot napěťové logické úrovně LVCMOS



Obrázek 4.7: Závislost vstupního napětí na výstupním napětí invertující logické brány [40]

Symbol	Úzký rozsah 3.3 V	Normální rozsah 3.3 V	Rozšířený rozsah 3.0 V
V_{DD}	3.15-3.45 V	3.0-3.6 V	2.7-3.6 V

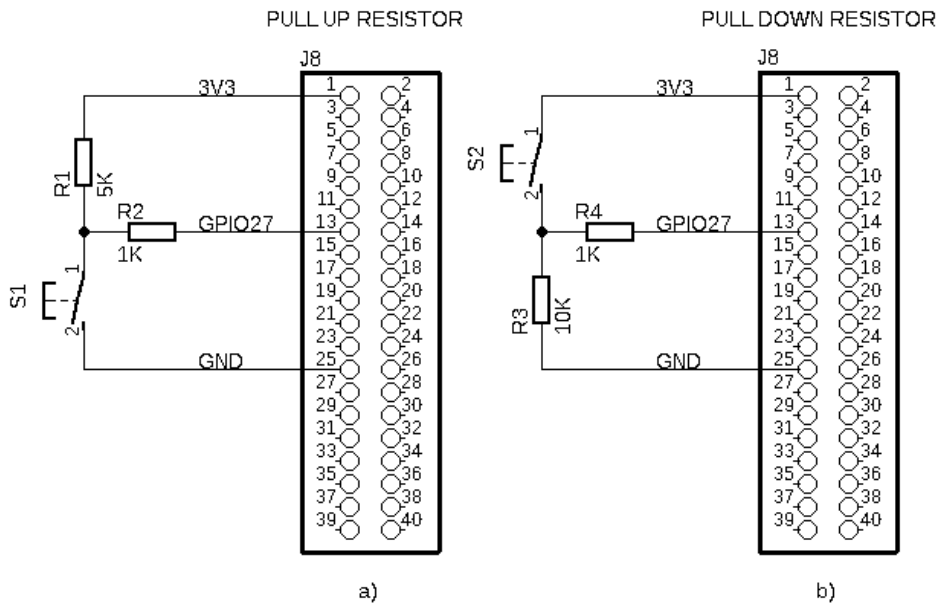
Tabulka 4.3: Doporučené podmínky reálného zdroje napětí pro LVTTL & LVCMOS [41]

Symbol	Parametr	Minimum	Maximum
V_{IH}	Vstupní vysoké napětí	2 V	$V_{DD} + 0.3$ V
V_{IL}	Vstupní nízké napětí	- 0.3 V	0.8 V
I_{IN}	Vstupní proud	-	$\pm 5 \mu A$

Tabulka 4.4: Specifikace vstupu LVTTL & LVCMOS [41]

Hlavička pinů RPi4B nabízí zdrojové napětí jak 5V tak 3.3V. Ale vzhledem k tomu, že všechny GPIO piny RPi4B operují na standardu LVCMOS je nutné při realizaci obvodu dbát na maximální hodnotu vstupního vysokého napětí V_{IH} (Tab.:4.4). Na pin GPIO tak není přípustné přivést napětí vyšší než **3.6V**. Vyšší než uvedené hodnoty napětí mohou RPi4B trvale poškodit [31, 41].

Pro realizaci logického obvodu determinačního testu tak, aby byla zajištěna ochrana RPi4B a zároveň byly splněny podmínky napěťových logických úrovní (tab.: 4.4), se využívá speciálního zapojení pull-up nebo pull-down rezistorů (obr.: 4.8).



Obrázek 4.8:

- a) Schéma zapojení *pull-up* rezistoru
 - b) Schéma zapojení *pull-down* rezistoru
- Modelováno v *schematicém editoru* [42]

■ Pull-up Rezistor

Pull-up rezistor (Obr.: 4.8 - a) představuje rezistor konstantního odporu. Princip zapojení pull-up rezistoru spočívá v přivedení zdroje přes rezistor R1 a R2 přímo na pin. V tomto stavu pin naměří vysokou logickou úroveň. Sepnutím spínače je zdroj propojen přes R1 se zemí a na pinu se tak naměří nízká logická úroveň napětí [43].

■ Pull-down Rezistor

Pull-down rezistor (Obr.: 4.8 - b) je logickým opakem pull-up rezistoru.

■ Volba Pull-up nebo Pull-Down rezistoru

Zapojení pull-up rezistoru se od zapojení pull-down rezistoru liší pouze výslednou logickou funkcí, kterou bude spínač plnit. Obvod pull-up rezistoru představuje negaci (invertovanou logiku) vstupní veličiny, respektive zapojení pull-down rezistoru logiku neinvertuje.

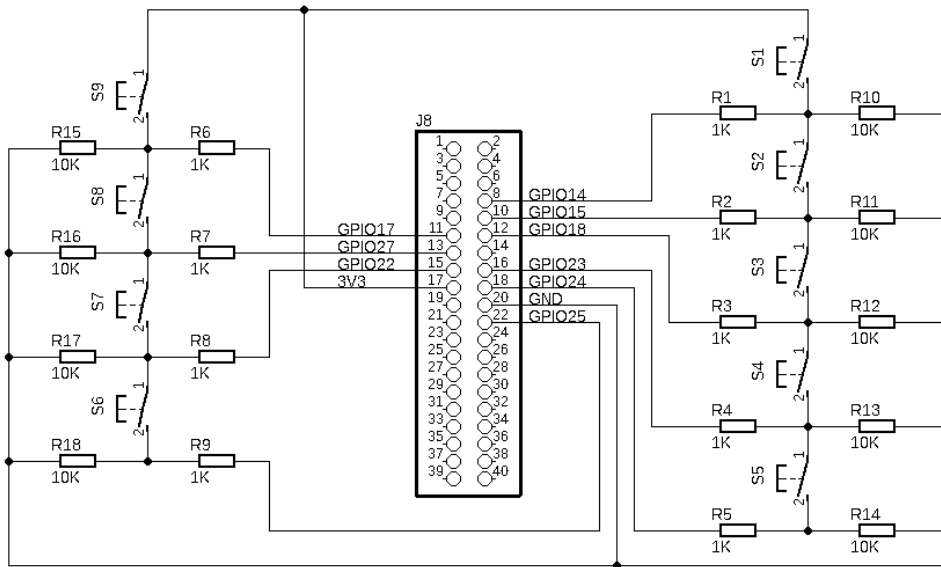
Pro realizaci logického obvodu tedy volím zapojení pull-down rezistoru.

Reálná hodnota napětí na nezatíženém pinu je však neznámá a proto i potřebná velikost odporu rezistoru se většinou odhaduje. Příručka [43] uvádí typické rozmezí odporů rezistoru pro aplikaci v obvodu se spínači 1-10K Ω .

4.7.3 Schéma zapojení

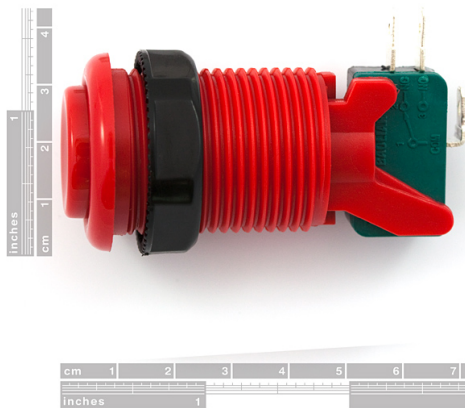
RPi4B disponuje integrovanými, softwarově ovladatelnými *pull-up* / *pull-down* rezistory pro každý GPIO pin zvlášť. Hodnoty těchto rezistorů se pohybují v rozmezí 33 až 73K Ω .

Pro realizaci logického obvodu determinačního testu však využijí set externích *pull-down* rezistorů dle zapojení (Obr.:4.9): [38].



Obrázek 4.9: Schéma zapojení logického obvodu determinačního testu [42]

4.8 Mechanické spínače



Obrázek 4.10: SparkFun - Concave Button - Color [44]



Obrázek 4.11: Pedál TRU COMPONENTS FS-01 [45]

Mechanické spínače ovládacího panelu budou rozděleny na dvě části - tlačítka a pedály. Všechny uvedené spínače jsou dvoupolohové, normálně otevřeného a bez aretace.

Kritérium pro volbu tlačítek je barevná či tvarová rozlišitelnost a dostatečně velká dotyková plocha s optimálním odporem proti stisku. Eliminují se tak zpoždění zapříčiněná faktory, které nejsou součástí měření.

Kritérium pro volbu pedálu je dostatečná velikost a odolnost.

■ 4.8.1 Tlačítko SparkFun - Concave Button

Tlačítka *SparkFun* (Obr.: 4.10) byly navrženy pro konstrukci arkádových automatů a proto tak v principu splňují požadavky ovládacího panelu determinálního testu. Hmatník spínače je vydutý a je zamýšlen pro ovládání za pomoci prstů [44].

Pět tlačítek pěti různých barev - bílé, červené, zelené, modré a žluté je přiřazeno reakcím na vizuální podněty. A dvě černá tlačítka (odlišená pozicí) jsou přiřazeny odpovědím na akustické podněty.

■ Parametry tlačítka SparkFun - Concave Button

- Maximální průměr tlačítka $D = 32 \text{ mm}$.
- Délka tlačítka $L = 65 \text{ mm}$.
- Průměr upínacího závitu $d = 28 \text{ mm}$.
- Kontakt spínače - Normálně otevřený / Normálně zavřený.
- Maximální proud $I_{max} = 3 \text{ A}$.
- Maximální napětí $U_{max} = 120 \text{ V (AC)}$ [44].

■ 4.8.2 Pedály TRU COMPONENTS

Vzhledem k dostupnosti a ceně volím pedály výrobce **TRU COMPONENTS** typ **FS-01** distributora CONRAD (Obr.: 4.11). Rozlišení bude realizováno symboly L (left) respektive R (right) a jejich fyzickou pozicí (levá/pravá) . Hmatník spínače je konstruován pro ovládání za pomoci nohou [45].

■ Parametry pedálu

- Šířka pedálu $B = 61 \text{ mm}$.
- Délka pedálu $L = 100 \text{ mm}$.
- Výška pedálu $H = 34 \text{ mm}$.
- Kontakt spínače - Normálně otevřený.
- Maximální proud $I_{max} = 10 \text{ A}$.
- Maximální napětí $U_{max} = 250 \text{ V (AC)}$ [45].

■ 4.8.3 Switch Bounce

Switch Bounce představuje odskok spínače. V teorii instantní přepnutí z logické 1 do logické 0 je v realitě nedosažitelné. Kontakt spínače se při stisknutí chová spíše jako tlumený harmonický oscilátor - „vibruje” - opakovaně se tak spíná a rozepíná do doby ustálení. CPU RPi4B je tuto vibraci schopno registrovat a považovat ji za další stisknutí [46].

Výrobci spínačů dobu ustálení kontaktu spínače neuvádí a také se přesné hodnoty liší v závislosti na konkrétním kusu a samotném způsobu stisku tlačítka (svižné nebo pozvolné). V rámci této práce byla nejdelší doba ustálení spínače empiricky odhadnuta u levého pedálu a činí přibližně 160 ms (tlačítka se většinou ustálila do 90 ms).

„*Switch Bounce*” je možné řešit jak optimalizací logického obvodu zapojení, tak softwarově [46].

4.9 Kryt ovládacího panelu

Kryt ovládacího panelu má dvě hlavní funkce. Slouží jako ochranná schránka logického obvodu s jeho elektrotechnickými komponenty a poskytuje uložení s pevnou oporou pro tlačítka.

Aby nedošlo k rozptýlení probanda, měl by kryt mít tyto vlastnosti: Dostatečnou tuhost aby se při stisku tlačítek neprohýbal, přehledný, nerušivý design a v neposlední řadě by měl být stabilní aby nedocházelo k jeho pohybu v průběhu plnění testu. Za účelem dosažení pohodlnější ergonomie je vhodné, aby panel měl mírně nakloněnou aktivní plochu v rozmezí $0 - 10^\circ$.

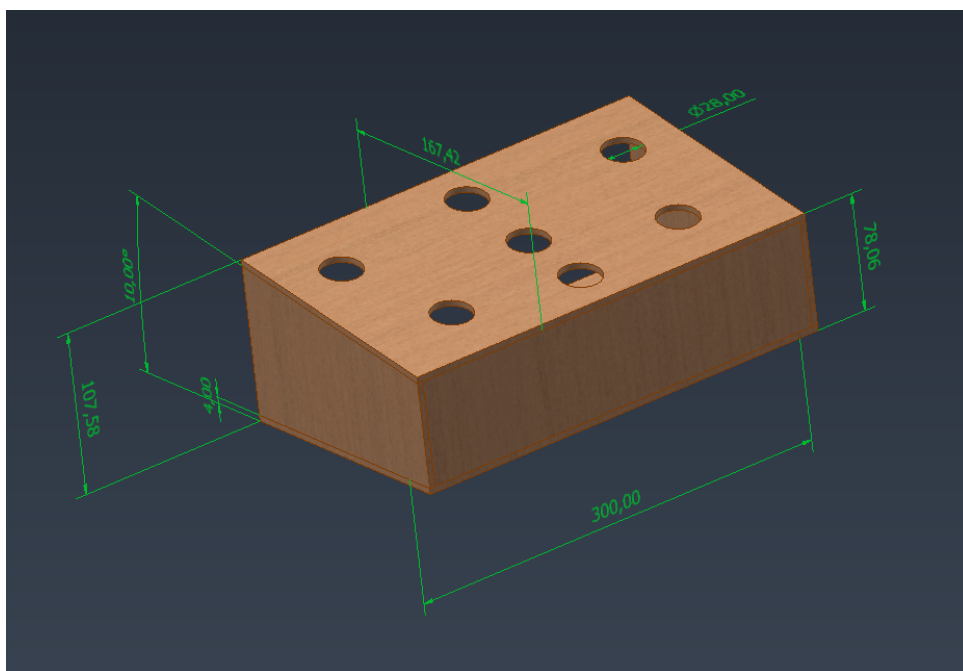
Při volbě technologie výroby krytu, byly navrženy dvě možnosti. První možností bylo díly panelu vytisknout na 3D tiskárně v laboratoři ČVUT, avšak tato tiskárna nebyla schopna tisknout potřebné rozměry v jednom kuse, a z toho důvodu jsem přistoupil na druhou možnost - dřevěná konstrukce.

Dřevěná konstrukce krytu představovala výzvu, ve které jsem byl nejvíce limitován svými řemeslnými schopnostmi a důsledkem je tak poměrně jednoduchý tvar krytu. Vzhledem k rozměrům tlačítek je panel také poměrně vyšší než komerční produkty (obr.: 2.3, 2.4, 2.5).

Jako konstrukční materiál byla zvolena topolová překližka (dostupná zde: [47]) o tloušťce 8 mm. Topolové dřevo bylo zvoleno vzhledem k jednoduché obrobitelnosti, malému průhybu, které by mohlo být způsobené pracováním dřeva.

Důležitým faktorem je také savost dřeva, která umožní jednoduché lepení lepidlem Herkules (dostupné zde: [48]). Deska byla nařezána pokosovou pilou, vyřezané díly byly slepeny ve tvaru krytu a následně broušeny na brusce do finálního tvaru.

4.9.1 Model krytu ovládacího panelu



Obrázek 4.12: Model krytu ovládacího panelu zhotoven pomocí modelářského softwaru [49]

4.9.2 Reálný kryt ovládacího panelu



Obrázek 4.13: Kryt ovládacího panelu



Obrázek 4.14: Kryt ovládacího panelu z profilu

Kapitola 5

Softwarová aplikace determinálního testu

Softwarová aplikace představuje sadu vzájemně propojených programů, které předávají podrobné instrukce k činnosti zařízení, na kterém jsou právě aktivní, nebo se kterými toto zařízení právě komunikuje. Program představuje sekvenci příkazů, které jsou následně *kompilovány* ze zdrojového na strojový kód a ten je veden přímo na CPU. Instrukce však mohou být sepsány v jazyce, který není kompilován, ale rovnou *interpretován*, případně částečně kompilován. Sekvence instrukcí psaná v takovém jazyce se nazývá *skript*. Skript pro svůj chod vyžaduje *interpret*. Jedná se o externí program, který dekóduje skript a rovnou zadané instrukce provádí popřípadě její část pošle ke kompilaci, uzná-li za vhodné. Skripty obecně bývají pomalejší než programy, avšak mnohem uživatelsky přístupnější. Syntax představuje pravidla, která tvoří strukturu zvoleného programovacího jazyka [28, 50].

Softwarová aplikace může být *interaktivní* nebo naopak *neinteraktivní*. Neinteraktivní aplikace pro svůj chod od spuštění do ukončení, nepotřebují aktivní zásah lidského operátora. Naopak interaktivní aplikace jsou na možnosti aktivního ovládní lidským operátorem v reálném čase založené [28].

V rámci determinálního testu obsahuje softwarová aplikace interaktivní, grafické uživatelské rozhraní (GUI - Graphical User Interface), jehož hlavní

funkcí je umožnit uživateli vybrat a spustit program determinálního testu případně program testu doplněný o program instrukcí se závěkem. Dále aplikace obsahuje databázi uživatelů spolu s výsledky jejich absolvovaných testů. GUI s ovládacím panelem, klávesnicí, myší a reproduktory tvoří celek označený jako „rozhraní člověk-stroj“ (HMI).

Realizace softwarové aplikace je ve formě **osmi** skriptů. Sedm skriptů je psáno v jazyce *Python 3* (koncovky souboru *.py*) a jeden skript psaný v *Kivy* jazyce (jazyk pro Python knihovnu - *Kivy* s koncovou souboru *.kv*). První, ústřední skript určený ke spuštění je skript označovaný za hlavní soubor „*DTMenu.py*“ - GUI určené pro administrátora. Hlavní soubor *DTMenu.py* následně vyvolává další skripty (moduly) dle potřeby. Determinální test je pak řízen skriptem „*DTTestFormA/B/C.py*“ v závislosti na zvoleném módu administrace testu. Pro uchování a zpracování dat slouží skript „*DTDatabase.py*“, který operuje s SQL databází „*DTUserDatabase.db*“.

GUI představuje formu interaktivní komunikace operátora s aplikací [50].

■ 5.1 Python 3

Python 3 je vysoko-úrovňový, objektově orientovaný programovací jazyk, který se zaměřuje na uživatelsky přívětivější syntax, který vede ke kratším a jednoduše čitelným zdrojovým kódům [51].

Python patří mezi nejrozšířenější programovací jazyky, a jím psané skripty jsou základem pro produkty celosvětově známých společností jako je například *Google* nebo *YouTube* [52].

■ 5.1.1 Knihovny Python

Jednou z charakteristických vlastností je využívání tak zvaných *Python knihoven*. Knihovny představují skripty, které je možné zakomponovat do vlastního programu, a získat tak přístup k jejich opakovatelně použitelným, předem vytvořeným *funkcím* a *třídám*. Není tak nutné takové funkce vytvářet od začátku do konce. Skripty, které nejsou určeny ke spuštění ale pouze k použití v externím skriptu se označují za *moduly*. Moduly tak může uživatel přebírat z těchto knihoven, případně si je může vytvářet sám.

V aplikaci determinačního testu jsou implementovány tyto *open-source* knihovny:

1. **Pygame:**

- Knihovna GUI - využita k realizaci GUI testu, instrukcí testu a zácvičku [53].

2. **Kivy:**

- Knihovna GUI - využita k realizaci GUI menu [54].

3. **GPIOzero:**

- Knihovna softwarové kontroly GPIO - v kombinaci s knihovnou Pygame simuluje stisk mechanického spínače ovládacího panelu jako vstup klávesnice a ten následně zpracovat funkcemi Pygame a podobně [34].

4. **Matplotlib:**

- Knihovna grafické reprezentace dat - využita pro grafické reprezentování výsledků absolvovaného testu [55].

5. **SQLite 3:**

- Knihovna databází - uchová informace o uživateli a jeho absolvovaných testech, i po ukončení samotné aplikace determinálního testu[56].

6. **FPDF:**

- Generátor PDF souborů - umožní uživateli zobrazit a uložit své skóre absolvovaného testu[57].

Následně využívám těchto *built-in* modulů Python:

- Time - Modul poskytující čtení dat hardwarového časovače řídicí jednotky.
- Datetime - Modul formátující naměřený čas v sekundách na text dle požadavků ISO 8601.
- Random - Modul generující náhodné čísla (výběr pozice barevného podnětu)
- Statistics - Modul provádějící rozšířené matematické operace jako je třeba výpočet mediánu či směrodatné odchylky [58].

A na závěr vlastní moduly:

- DTTestFormA - Testové rozhraní - Adaptivní mód testu.
- DTTestFormB - Testové rozhraní - Reaktivní mód testu.
- DTTestFormC - Testové rozhraní - Aktivní mód testu.
- DTInstructions - Testové rozhraní - Instrukce testu.
- DTTraining - Testové rozhraní - Závěik testu.
- DTQuestionSet - List s pořadím podnětů dle [2, p. 8].
- DTDatabase - SQL databáze uživatelů.
- DTMenuStyle - Soubor psaný v Kivy jazyce. Formátuje grafické rozhraní Menu.

5.2 Grafické uživatelské rozhraní (GUI)

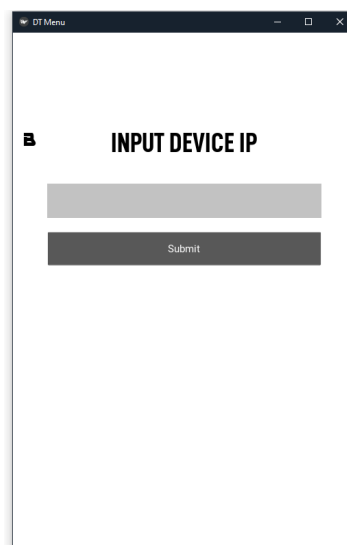
Grafické rozhraní determinačního testu je rozděleno v závislosti na cíleném operátorovi - rozhraní určené pro **administrátora** testu (*Menu*) a rozhraní určené pro **probanda** (*Test*).

5.2.1 Menu - rozhraní administrátora

Jedná se o GUI určené pro administrátora testu. *Menu* označuje skript v souboru DTMenu.py. Operátor se v Menu naviguje pomocí klávesnice a myši. GUI menu se skládá z těchto oken, mezi kterými operátor přepíná:

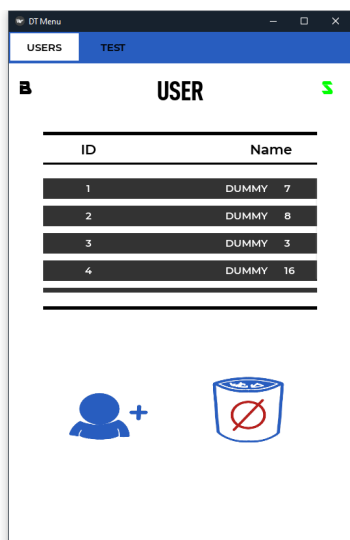


Obrázek 5.1: Vstupní okno aplikace determinačního testu

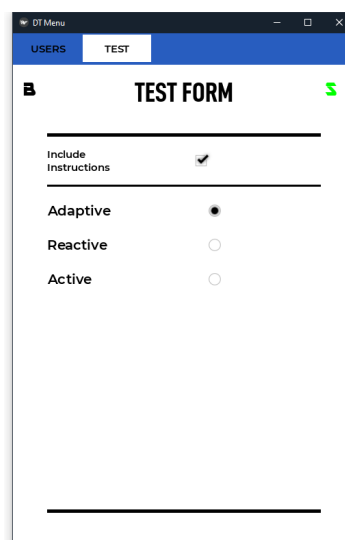


Obrázek 5.2: Okno IP adresy vstupního zařízení aplikace determinačního testu

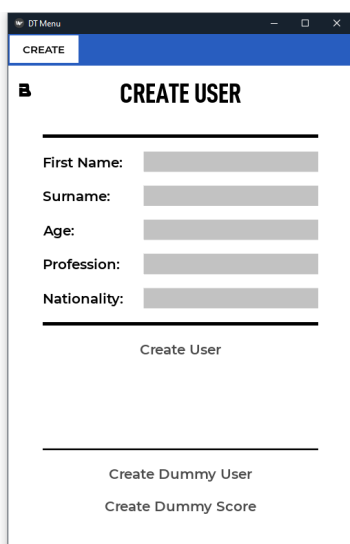
5.2. Grafické uživatelské rozhraní (GUI)



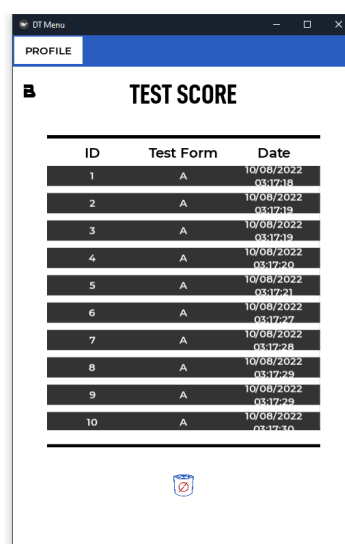
Obrázek 5.3: Karta uživatelů hlavního okna aplikace determinálního testu



Obrázek 5.4: Karta testů hlavního okna aplikace determinálního testu



Obrázek 5.5: Okno založení uživatele aplikace determinálního testu



Obrázek 5.6: Okno profilu uživatele aplikace determinálního testu

■ Realizace Menu s využitím knihovny Kivy

Zde je pouze naznačen postup vytváření rozhraní Menu (kompletní okomentovaný zdrojový kód v příloze D).

1. Do hlavičky skriptu hlavního souboru DTMenu.py je importována knihovna Kivy a její moduly.

```
1 from kivy.app import App
2 from kivy.core.text import LabelBase
3 from kivy.lang import Builder
4 from kivy.properties import ObjectProperty,
  BooleanProperty
5 from kivy.uix.behaviors import FocusBehavior
6 from kivy.uix.boxlayout import BoxLayout
7 from kivy.uix.label import Label
8 from kivy.uix.popup import Popup
9 from kivy.uix.recycleboxlayout import import
  RecycleBoxLayout
10 from kivy.uix.recycleview import RecycleView
11 from kivy.uix.recycleview.layout import import
  LayoutSelectionBehavior
12 from kivy.uix.recycleview.views import import
  RecycleDataViewBehavior
13 from kivy.uix.screenmanager import import
  ScreenManager, Screen, NoTransition
14 from kivy.uix.tabbedpanel import import
  TabbedPanel
15 from kivy.core.window import import
  Window
```

Obrázek 5.7: Menu - Importování modulů knihovny Kivy
Soubor: DTMenu.py

2. Těsně před koncem skriptu je definovaná třída hlavní aplikace „*DeterminationTestMenu(App)*”.

```

490 class DeterminationTestMenu(App):
491
492     user_records_screen = UserRecords(name="User
Records")
493     main_screen = MainScreen(name="Main Screen")
494     user_creator_screen = UserCreator(name="User
Creator")
495
496     def build(self):
497         Window.size = (500, 750)
498         Window.clearcolor = (40/255, 93/255, 191/255, 0.6)
499         # Create the Screen Manager
500         sm = ScreenManager(transition=NoTransition())
501         sm.add_widget(IntroScreen(name="Intro
Screen"))
502         sm.add_widget(InputDeviceIP(name="Input
Device IP Screen"))
503         sm.add_widget(MainScreen(name="Main
Screen"))
504         sm.add_widget(UserRecords(name="User
Records"))
505         sm.add_widget(UserCreator(name="User
Creator"))
506         self.title = "DT Menu"
507         return sm

```

Obrázek 5.8: Menu - Třída hlavní aplikace
Soubor: DTMenu.py

- V třídě *DeterminationTestMenuApp* je definovaná metoda „*build(self)*”
- *build(self)* obsahuje informace o celkovém rozhraní Menu.
 - `Window.size` - Výchozí rozměry oken (x, y) Menu v pixelech.
 - `Window.clearcolor` - Základní barva pozadí oken Menu v relativních hodnotách (0 až 1) RGBA.
 - `ScreenManager` („*manažer*”) - Třída knihovny Kivy. Realizuje management jednotlivých oken („*Screen*”) Menu
 - `transition` - Předdefinovaná animace přechodu z jednoho okna do druhého (základní animace přechodu je "SlideTransition")[?].
 - `add_widget` - Přidá specifikované „*prvky*” (další okno) do třídy *ScreenManager*
 - `self.title` - Pojmenuje hlavní okno aplikace

3. Na úplném konci je definována funkce, která při spuštění skriptu aktivuje třídu hlavní aplikace a tím aplikaci uvede do chodu počínaje rozhraním Menu.

```
511 if __name__ == "__main__":  
512     DeterminationTestMenu().run()  
513
```

Obrázek 5.9: Menu - Aktivace hlavní aplikace

- `if __name__ == "__main__":` - podmínka, která udává, že toto je skript zamýšlený ke spuštění a nejedná se o modul.
- `DeterminationTestMenu().run()` - spustí metodu třídy aplikace, která aktivuje aplikaci Menu.

■ Realizace Testu využitím knihovny Pygame a GPIOzero

Zde je pouze naznačen postup vytváření rozhraní Testu (kompletní okomentovaný zdrojový kód v příloze D).

1. Nejprve je na začátku skriptu importována knihovna Pygame, GPIOzero a jejich moduly podobně jako import knihovny Kivy ve skriptu Menu.

```
1 import pygame  
2 from pygame import mixer, VIDEORESIZE  
3 from gpiozero.pins.pigpio import PiGPIOFactory  
4 from gpiozero import Button
```

Obrázek 5.10: Test - importování modulů knihovny Pygame a GPIOzero
Soubor DTFormA.py

- Následuje import vlastních modulů.

```
12 import DTDatabase
13 import DTQuestionSet
```

Obrázek 5.11: Test - importování vlastních modulů
Soubor DTFormA.py

- Dále jsou zadefinovány proměnné (upravitelné dle potřeby, nebo neměnné).
- Vytvoření třídy *TestProgramFormA*:
- Definice metody *test_program_run* třídy *TestProgramFormA*, včetně její hlavní smyčky, nám následně umožní spustit rozhraní Testu z jiného skriptu (DTMenu.py, případně DTInstructions.py).
 - Hlavní smyčka je realizována podmínkou *while True*.
 - Její smyslem je udržet program v chodu do té doby, dokud jej aktivně neukončíme příkazem `pygame.quit()` následovaným funkcí *return*.
 - Příkaz `self.clock.tick_busy_loop(FPS)`, kde proměnná *FPS* označuje číselnou hodnotu počtu snímků za sekundu a zaručí tak předem definovanou rychlost čtení příkazů v hlavní smyčce. Výsledkem je konzistentnější chování programu na zařízení, s dostatečným výkonem pro chod s daným FPS. **Hodnota FPS přímo ovlivní citlivost měření reakčních časů - pro dosažení citlivosti alespoň 0.001 musí být hodnota FPS ≥ 1000** - horní limit FPS určí rychlost CPU. RPi4B tak s 1.5 GHz CPU dosáhnout teoreticky až $1.5 \cdot 10^9$ cyklů za vteřinu (smyčka neobsahuje příliš náročné sekvence příkazů, a proto lze předpokládat, že 1000 FPS bude s rezervou překročeno).
 - Součástí hlavní smyčky je tak zvaný „*event-loop*“ (Obr.: 5.12). Ten při každém cyklu smyčky čte stav *fronty eventů*, která se skládá právě ze vstupů klávesnice, myši a podobně.

```
299     for event in pygame.event.get():
300
301         # Closing the window by pressing X button
302         on the window screen
303         if event.type == pygame.QUIT:
304             # Delete unfinished test score
305             DTDatabase.delete_score(
306                 current_score_id)
307             pygame.quit()
308             return
```

Obrázek 5.12: Test - *Event loop* hlavní smyčky
Soubor: DTFormA.py



Kapitola 6

Závěr

Výstupem této práce je prototypový model přístroje určeného k administraci determinačního testu. Model napodobuje veškeré základní funkce komerčních produktů. Disponuje aplikací uživatelského prostředí, vlastním ovládacím panelem a adaptivním testem, který měří všechny potřebné proměnné. Vývoj testu využil poznatky teoretické části - metodiky vytváření psychodiagnostických testů.

V teoretické části byl shrnut význam determinačního testu a jím měřených psychických funkcí. Konstrukce logického obvodu respektuje charakter využitých elektrotechnických komponentů shrnutý v praktické části. A na závěr, s pomocí vysoko-úrovňového, objektově orientovaného programovacího jazyka Python, byly zhotoveny skripty pro digitální prostředí softwarové aplikace determinačního testu.

Interpretační vodítka pro vyhodnocení výsledků absolvovaných testů lze nalézt v teoretické části práce.



Přílohy



Příloha A

Literatura

- [1] M. J. Burke and J. Normand, “Computerized psychological testing: Overview and critique.” *Professional Psychology: research and practice*, vol. 18, no. 1, p. 42, 1987.
- [2] W. Neuwirth and M. Benesch, *Viena Test System Manuál - Determinační test*, 32nd ed., Schuhfried, Mödling, December 2007.
- [3] M. Svoboda, P. Humpolíček, and V. Šnorek, *Psychologická diagnostika dospělých*, 1st ed. PORTÁL sro, 2010.
- [4] “Determinační test,” getacentrum.cz, GETA Centrum s.r.o., Praha, 2018. [Online]. Available: <http://psychologie.getacentrum.cz/determinacni-test/>
- [5] “Determinační test - barevný,” psychosoft.cz, Psychosoft, Brno. [Online]. Available: <http://www.psychosoft.cz/PDoo.aspx>
- [6] “Dt,” marketplace.com, Schuhfried, Mödling, 2022. [Online]. Available: <https://marketplace.Schuhfried.com/en/DT>
- [7] N. Christodoulou, “Dover test video,” youtube.com, YouTube, February 2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=OtfY4JJdYf0>

- [8] C. L. Hullin, F. Drasgow, and C. K. Parsons, “Item response theory: Application to psychological measurement,” *Homewood, IL: Dow Jones-Irwin*, 1983.
- [9] R. Kisser, A. Krafack, and C. Vaughn, “Determinationsgeräte,” *Handbuch apparativer Verfahren in der Psychologie*, pp. 225–249, 1986.
- [10] C. Hoyos, “Die psychophysische belastbarkeit als diagnostische kategorie der kraftfahrtauglichkeit,” *Zeitschrift Exp. Angewandte Psychol*, vol. 7, pp. 226–243, 1960.
- [11] N. Ong, “Reactive stress tolerance in elite athletes: Differences in gender, sport type, and competitive level,” *Cognition, Brain, Behavior: An Interdisciplinary Journal*, vol. 21, pp. 189–202, September 2017.
- [12] S. M. S. Baqutayan, “Stress and coping mechanisms: A historical overview,” *Mediterranean Journal of Social Sciences*, vol. 6, no. 2 S1, pp. 479–479, 2015.
- [13] R. J. Sternberg, *Cognitive Psychology*, 6th ed. Cengage Learning, February 2011.
- [14] R. Whelan, “Effective analysis of reaction time data,” *The psychological record*, vol. 58, no. 3, pp. 475–482, 2008.
- [15] “Vyhláška č. 31/2001 sb.” zakonyprolidi.cz, Ministerstvo dopravy ČR, January 2001. [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-31>
- [16] “Schuhfried, passion for psychology,” Schuhfried.com, Schuhfried, Mödling, 2022. [Online]. Available: <https://Schuhfried.com/company>
- [17] “3. how do computer clocks work?” WebPage, Network Time Foundation, June 2020. [Online]. Available: <https://www.eecis.udel.edu/~ntp/ntpfaq/NTP-s-sw-clocks.htm>
- [18] C. Simpson, J. Jewett, S. J. Turnbull, and V. Stinner, “Pep 418 – add monotonic time, performance counter, and process time functions,” python.org, Python, March 2012. [Online]. Available: <https://peps.python.org/pep-0418/#list-of-hardware-clocks>
- [19] J. Jenčík, J. Volf, and kolektiv, *TECHNICKÁ MĚŘENÍ*. České vysoké učení technické v Praze, 2003.

- [20] V. Stinner, “Pep 564 – add new time functions with nanosecond resolution,” python.org, Python, October 2017. [Online]. Available: <https://peps.python.org/pep-0564/#annex-clocks-resolution-in-python>
- [21] S. White, K. Sharkey, D. Batchelor, E. Jansen, D. Coulter, J. Parente, M. Jacobs, and M. Satran, “Acquiring high-resolution time stamps,” microsoft.com, Microsoft, January 2022. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/sysinfo/acquiring-high-resolution-time-stamps>
- [22] T. Hudek, N. Schonning, and T. Sherer, “High-resolution timers,” microsoft.com, Microsoft, December 2021. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-hardware/drivers/kernel/high-resolution-timers>
- [23] “time,” die.net, die.net, 2003. [Online]. Available: <https://linux.die.net/man/7/time>
- [24] H. Culbertson, S. Schorr, and A. Okamura, “Haptics: The present and future of artificial touch sensation,” *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, vol. 1, May 2018.
- [25] L. Shapiro and S. Spaulding, “Embodied Cognition,” in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Winter 2021 ed., E. N. Zalta, Ed. Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2021.
- [26] “Psychometrics - in- and output devices,” Schuhfried.com, Schuhfried, Mödling, 2021. [Online]. Available: <https://www.Schuhfried.com/vienna-test-system/in-output-devices/>
- [27] M. Hofreiter, *Základy Automatického řízení*. České vysoké učení technické v Praze, 2012.
- [28] A. S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization*. Pearson College Div, June 2005.
- [29] “Data sheet 6es72141bd230xb0,” siemens.com, Siemens AG, May 2021. [Online]. Available: <https://media.distributordatasolutions.com/seimens/2017q1/7f4f00606197c684bed8e4ef8bd57ae84e85a71c.pdf>
- [30] “Raspberry pi 4 computer model b,” raspberry.com, Raspberry Pi Ltd, January 2022. [Online]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf>

- [31] “Raspberry pi 4 model b datasheet,” raspberry.com, Raspberry Pi Ltd, May 2019. [Online]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>
- [32] “Arduino uno r3 - product reference manual,” arduino.cc, Arduino, Duben 2022. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
- [33] “Raspberry pi foundation,” raspberrypi.org, Raspberry Pi Ltd, 2022. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org>
- [34] B. Nuttall and D. Jones, *gpiozero*, readthedocs.org, Read the Docs, Inc & contributors, 2022. [Online]. Available: <https://gpiozero.readthedocs.io/en/stable/index.html#>
- [35] “Raspberry pi compute module 4,” raspberry.com, Raspberry Pi Ltd, June 2022. [Online]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/cm4/cm4-datasheet.pdf>
- [36] R. M. Daoud, H. M. Elsayed, H. H. Amer, and S. Z. Eid, “Performance of fast and gigabit ethernet in networked control systems,” in *2003 46th Midwest Symposium on Circuits and Systems*, vol. 1. IEEE, 2003, pp. 505–508.
- [37] “Lekce 3 - raspberry pi - piny a protokoly,” *itnetwork.cz*, 2022. [Online]. Available: <https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/raspberry-pi/raspberry-pi-piny-a-protokoly>
- [38] “Raspberry pi hardware,” raspberrypi.com, Raspberry Pi Foundation, 2022. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html>
- [39] “Bcm2711 arm peripherals,” raspberry.com, Raspberry Pi Ltd, January 2022. [Online]. Available: <https://datasheets.raspberrypi.com/bcm2711/bcm2711-peripherals.pdf>
- [40] “Methods of measurement for semiconductor logic gating microcircuits,” *JEDEC SOLID STATE TECHNOLOGY ASSOCIATION*, January 2001. [Online]. Available: <https://www.jedec.org/system/files/docs/JEB5-A.pdf>
- [41] “Interface standard for nominal 3 v/3.3 v supply digital integrated circuits logic gating microcircuits,” *JEDEC SOLID STATE TECHNOLOGY*

- ASSOCIATION*, September 2007. [Online]. Available: <https://www.jedec.org/system/files/docs/JESD8C-01.pdf>
- [42] “Eagle,” autodesk.com, Autodesk Inc., 2022, software. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [43] *The Resistor Guide*, eepower.com, EETech Media, 2022. [Online]. Available: <https://eepower.com/uploads/articles/EEPowder-Resistor-Guide.pdf>
- [44] “Concave button - black,” sparkfun.com, SparkFun Electronics, Niwot, 2022. [Online]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/9339>
- [45] “Tru components fs-01 nožní/ruční tlačítko 250 v/ac 10 a 1 pedál 1 přepínací kontakt 1 ks,” conrad.cz, Conrad Electronic Česká republika, s.r.o., Hirschau, 2021. [Online]. Available: <https://www.conrad.cz/p/tru-components-fs-01-noznirucni-tlacitko-250-vac-10-a-1-pedal-1-prepi-naci-kontakt-1-ks-1571372>
- [46] “Switch bounce and how to deal with it,” allaboutcircuits.com, HORNBAACH, 2022. [Online]. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/switch-bounce-how-to-deal-with-it/>
- [47] “Překližka topolová 8 x 600 x 1200 mm,” hornbach.cz, HORNBAACH, 2022. [Online]. Available: <https://www.hornbach.cz/p/preklizka-topolova-8-x-600-x-1200-mm/5216016/>
- [48] “Lepidlo univerzální hercules expert 130g,” hornbach.cz, HORNBAACH, 2022. [Online]. Available: <https://www.hornbach.cz/p/lepidlo-univerzalni-hercules-expert-130g/5848833/>
- [49] “Inventor,” autodesk.com, Autodesk Inc., 2022, software. [Online]. Available: https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?us_oa=accounts-portal-us&us_si=594d587e-046d-4624-8a7a-f9c2925e3358&us_st=inventor&us_pt=INVNTOR&term=1-YEAR&tab=subscription&plc=INVPROSA
- [50] D. Budgen, *Software design*. Pearson Education, 2003.
- [51] “What is python? executive summary,” *Python Software Foundation*, 2022. [Online]. Available: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- [52] “Python. a programing language changes the world,” Brochure, Python Software Foundation, 2019. [Online].

- Available: <https://brochure.getpython.info/media/releases/prereleases/psf-python-brochure-vol-1-final-content-preview>
- [53] L. Lenard, D. René, S. Pete, D. Nicholas, K. Thomas *et al.*, *Pygame Front Page*, pygame.org, 2022. [Online]. Available: <https://www.pygame.org/docs/#pygame-front-page>
- [54] The Kivy Developers, *Welcome to Kivy*, kivy.org, Kivy, 2022. [Online]. Available: <https://kivy.org/doc/stable/>
- [55] The Matplotlib development team, *Users guide*, matplotlib.org, 2022. [Online]. Available: <https://matplotlib.org/stable/users/index>
- [56] The SQLite Consortium, *Documentation*, sqlite.org, 2022. [Online]. Available: <https://www.sqlite.org/docs.html>
- [57] *FPDF 1.84 Reference Manual*, fpdf.org, 2022. [Online]. Available: <http://www.fpdf.org>
- [58] *Python 3.10.6 documentation*, Python.org, Python Software Foundation, 2022. [Online]. Available: <https://docs.python.org/3/>



Příloha B

Seznam použitých zkratk

CPU	Central Processing Unit
GPIO	General Purpouse Input Output
SQL	Structured Query Language
LVTTL	Low Voltage Transistor - Transistor Logic
LVC MOS	Low voltage complementary metal oxide semiconductor
HMI	Human-machine Interface
GUI	Graphical User Interface
IDE	Integrated Development Environment
PDF	Portable Document Format
FPS	Frames Per Second
PLC	Programable Logic Controler
VTS	Viena Test Systems
RTC	Real Time Clock



Příloha C

Seznam použitého softwaru

- Eagle 9.6.2 education - schémata logických obvodů.
- Inventor 2023 education - 3D model krytu panelu.
- Krita 5.0.6 - manipulace s grafickými prvky.
- Python 3.10.6 - interpret programovacího jazyka Python.
- Pycharm 2022.2 - Python IDE.
- Overleaf - online LaTeX editor.



Příloha D

Přiložený disk CD

Na přiloženém disku CD se nachází *Aplikace determinačního testu*.

Obsah CD disku:

- a) Soubory se zdrojovým kódem aplikace.
- b) Soubory PDF se zdrojovým kódem aplikace.
- c) Zabalená složka se spouštěcím souborem aplikace.
- d) Bakalářská práce v elektronické podobě.