



Bakalářská práce

Analýza a simulace chyb u akčních členů pro systémy bezpečného opuštění vozu

Studijní program:

B0714A270001 Mechatronika

Autor práce:

Tomáš Bulíř

Vedoucí práce:

Ing. Zoltán Dolenský

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Analýza a simulace chyb u akčních členů pro systémy bezpečného opuštění vozu

Jméno a příjmení:

Tomáš Bulíř

Osobní číslo:

M20000098

Studijní program:

B0714A270001 Mechatronika

Zadávající katedra:

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Akademický rok:

2022/2023

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou bezpečnostních funkcí automobilu.
2. Popište senzory a akční členy systémů pro bezpečné opuštění vozu.
3. Stanovte řetězec signálů pro zatažení elektrické parkovací brzdy.
4. Navrhněte a realizujte simulaci chybějících signálů tak, aby byla funkčnost zachována.

Rozsah grafických prací: dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] TOBIŠKA, Jaromír. *Technologie senzorických sítí a akčních členů užitá k minimalizaci rizik jízdy automobilů na pozemních komunikacích*. Praha, 2020. disertační práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [2] LEITER, Ralf. Design and Control of an Electric Park Brake. In: *20th Annual Brake Colloquium And Exhibition* [online]. Phoenix, Arizona: SAE International, 2002. Dostupné z: doi:10.4271/2002-01-2583
- [3] WALLENTOWITZ, Henning a Konrad REIF, ed. *Handbuch Kraftfahrzeugelektronik* [online]. 2. vyd. Wiesbaden: Vieweg, 2008. ISBN 978-3-8348-9121-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-8348-9121-1

Vedoucí práce: Ing. Zoltán Dolenský
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání práce: 12. října 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 15. května 2023

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černožorský, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. října 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Analýza a simulace chyb u akčních členů pro systémy bezpečného opuštění vozu

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou bezpečného opuštění vozu. Práce vznikla ve spolupráci s firmou Škoda Auto. V teoretické části jsou popsány některé bezpečnostní funkce automobilu. Dále jsou vysvětleny senzory a akční členy určené pro bezpečné opuštění vozidla. Praktická část se zabývá vytvořením programu pro zatáhnutí elektromechanické parkovací brzdy, na základě signálů ze snímačů.

Klíčová slova: airbag, autonehoda, bezpečnost, bezpečnostní pás, brzda, CAN, ECU, ESC, osvětlení vozidla, sběrnice, sedadlo, senzor

Fault analysis and simulation in actuators for vehicle safe exit systems

Abstract

This bachelor's thesis focuses on the issue of safe exit of the vehicle. The work was created in cooperation with Škoda Auto. Some safety features of the vehicle are described in the theoretical part. Sensors and actuators designed for safe exit from the vehicle are also explained. The practical part is focused on creating software that will apply the electromechanical park brake based on signals from the sensors.

Keywords: airbag, brake, bus, car accident, car lighting, CAN, ECU, ESC, safety, seat, seat belt, sensor

Poděkování

Děkuji Ing. Zoltánovi Dolenskému za pomoc, rady a vedení této bakalářské práce. Dále děkuji konzultantovi Ing. Jáchymu Frýdkovi a jeho týmu ze Škoda Auto za věcné konzultace a pomoc při řešení praktické části. Na závěr bych chtěl poděkovat firmě Škoda Auto, ve které jsem práci mohl zpracovávat.

Obsah

Seznam zkratk	10
Úvod	11
1 Teoretická část	12
1.1 Bezpečnostní funkce automobilu	12
1.1.1 Pasivní prvky	12
1.1.2 Aktivní prvky	14
1.1.3 Hodnocení bezpečnosti automobilu	16
1.1.4 Norma ISO 26262	16
1.1.5 Kybernetická bezpečnost	17
1.1.6 Autonomní vozidla	17
1.2 Senzory a akční členy systémů pro bezpečné opuštění vozu	18
1.2.1 ECU	18
1.2.2 Akční členy	18
1.2.3 Senzory	20
2 Praktická část	22
2.1 Hledání řešení	22
2.2 První seznámení s problémem	23
2.2.1 Senzory pro určení přítomnosti řidiče	24
2.2.2 Chybné snímače	24
2.2.3 Výběr software	28
2.3 Vytvoření programu a měření signálů	28
2.4 Simulace a manipulace signálů	30
2.5 Vyhodnocení měření a simulace signálů	31
2.6 Řešení	32
2.6.1 Další možnosti řešení	34
Závěr	35
A Přílohy	39
A.1 Hardware VN1630A	39
A.2 Kompletní prvotní tabulka A	40
A.3 Kompletní prvotní tabulka B	41
A.4 Kompletní prvotní tabulka C	42

Seznam tabulek

2.1	Příklad části z prvotní tabulky	23
2.2	Tabulka aktivace EPB	27
2.3	Tabulka aktivace EPB - osobní řešení	33

Seznam obrázků

1.1	Karoserie s popisky (Škoda Rapid) [4]	13
1.2	ACC - Červený automobil udržuje bezpečnou vzdálenost od modrého automobilu [8]	15
1.3	Ukázka parkovacího senzoru na VW Golf [33]	21
2.1	Úryvek z návodu pro vůz Škoda Enyaq iV [35]	22
2.2	Blokové schéma - aktivace EPB	25
2.3	Ukázka z měření	29
2.4	Zapojení VN1630A	30
2.5	Ukázka ze simulačního prostředí	31

Seznam zkratek

ABS	Anti-Block System
ACC	Adaptive Cruise Control
AI	Artificial intelligence
ASIL	Automotive Safety Integrity Level
ASR	Anti-Slip Regulation
BCM	Body Control Module
CAN	Controller Area Network
CAPL	Communication Access Programming Language
CAS	Collision Avoidance System
ECU	Electronic Control Unit
EPB	Electronic Park Brake / Elektronická parkovací brzda
ESC	Electronic Stability Control
ESP	Electronic Stability Programme
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
LIDAR	Light detection and ranging
LIN	Local Interconnect Network
PČR	Policie České republiky
TCS	Traction Control System
QM	Quality Management
VW	Volkswagen

Úvod

Jedním z problémů, jimiž se aktuálně zabývá společnost Škoda Auto je případ, kdy řidič neúmyslně (či úmyslně) rádně nezaparkuje a vystoupí z jedoucího automobilu. Tento automobil pak podle situace může způsobit nehodu. S pomocí kolegů ze Škoda Auto byly testovány různé příčiny tohoto problému a vyskytla se možnost tento problém řešit v podobě bakalářské práce ve spolupráci se Škoda Auto.

Podle bodů zásad pro vypracování je bakalářská práce rozdělena na teoretickou a praktickou část. Výsledkem práce bude stanovit za jakých okolností se má zatáhnout elektromechanická parkovací brzda, a to i v případě, kdy jsou v poruše nebo chybí některé určité informace ze senzorů. Součástí práce bude program, kde se simulují právě tyto chybějící, či vadné informace ze snímačů.

1 Teoretická část

V teoretické části se práce zabývá bezpečností automobilu jako takovou. Rozebírá se základní bezpečnostní funkce automobilu, stručně popíše princip funkce některých bezpečnostních prvků. Krátce se zaměří na kybernetickou bezpečnost a na normu ISO 26262, která se bezpečností automobilů zabývá. Dále se popíše princip funkce senzorů a akčních členů souvisejících s bezpečným opuštěním vozu.

1.1 Bezpečnostní funkce automobilu

Bezpečnost je jedna z nejdůležitějších vlastností automobilu. Vzhledem k velkému množství aut je i velké riziko nehod. Bezpečnostní funkce mají za úkol toto množství nehod snížit a v případě srážky, co nejvíce snížit škody. Bezpečnostní prvky (funkce) automobilu můžeme dělit na aktivní a pasivní. Bezpečnosti automobilu se také věnuje norma ISO 26262.

1.1.1 Pasivní prvky

Pasivní bezpečnostní prvky vozidla působí v okamžiku dopravní nehody. Slouží tedy k minimalizaci zdravotních a majetkových škod při nárazu. Řadíme zde například bezpečnostní pásy, airbagy, vhodnou karoserii vozidla, dětskou autosedačku či opěrku hlavy. Novější automobily obsahují i automatické přivolání pomoci v případě nehody [1].

Bezpečnostní pás

Tříbodový bezpečnostní pás je jeden z nejvýznamnějších prvků pasivní bezpečnosti automobilu. Při prudkém zpomalení a zastavením vozidla (nárazu) tento pás drží osobu v sedačce. Ochrání lidské tělo před nárazem do částí vozidla.

Airbag

Podobně jako bezpečnostní pás, slouží airbag k pohlcení setrvačného momentu při nárazu vozu. Má za úkol ochránit důležité orgány (především hlavu) před nárazem do částí vozu. Airbag plní svou funkci správně pouze ve spolupráci s bezpečnostním pásem. Bez správně připnutého bezpečnostního pásu může mít vystřelený airbag až nežádoucí účinky. Z hlediska bezpečnosti se tedy

spíše vyplatí mít pouze připnutý bezpečnostní pás bez airbagu, než zapnutý airbag bez bezpečnostního pásu (samozřejmě kombinace obou je nejbezpečnější) [2].

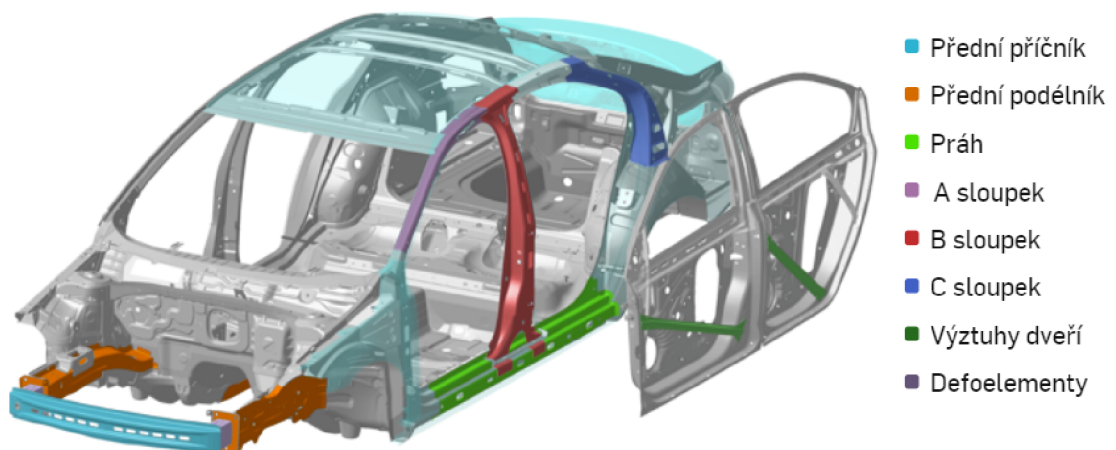
Karoserie

Karoserie je určena pro ochranu pasažérů, je důraz i na aerodynamické vlastnosti. Místo kovů jako ocel či hliník se často používají jako materiály pro karoserii i polymery (nízká hmotnost a náklady), například polykarbonát, polypropylen nebo polyamid [3]. Karoserie je přizpůsobena tak, aby při nevyhnutelném střetu s chodcem, způsobila chodci co nejmenší zranění - sklon kapoty, airbag pro chodce. Z pohledu bezpečnosti se dělí na dvě části: Deformační a prostor pro cestující (kabina).

Deformační zóna je určena k pohlcení energie při nárazu. Jedná se o přední a zadní část vozu.

Karoserie okolo posádky automobilu (kabina) je na rozdíl od deformační části co nejpevnější. Má za úkol chránit posádku před vnějším nebezpečím. Jedná se o sloupky, výztuhy dveří, střechu [4].

Obrázek 1.1: Karoserie s popisky (Škoda Rapid) [4]



Přední sklo

Skla v automobilu musí být přizpůsobené na nehodu. Čelní sklo v automobilu je z vrstveného (laminovaného) skla proto, aby se při nárazu nerozpadlo na nebezpečné střepy. V případě nehody vrstvené sklo drží stále pohromadě a zvyšuje ochranu před vniknutím cizích předmětů dovnitř automobilu (vytvoří se takzvaná pavučina). Uvnitř skla se mezi vrstvami často nachází fólie s velmi úzkými drátky, které umožňují ohřívání skla. Tyto skla zároveň slouží i jako prvky aktivní bezpečnosti - dobrý výhled z vozidla [5].

Dětská autosedačka

Dětská sedačka slouží k zvýšení polohy dítěte, tak aby byl bezpečnostní pás v optimální výšce. Je určený pro děti menší než 150 cm. Pokud je autosedačka umístěna na předním sedadle a je otočena proti směru jízdy, je důležité deaktivovat příslušné airbagy.

1.1.2 Aktivní prvky

Aktivní bezpečnostní prvky vozidla se, na rozdíl od pasivních prvků, snaží (aktivně) předcházet dopravní nehodě. Patří sem například správné pneumatiky, brzdy, osvětlení vozidla a dobrý výhled z vozu. Do této kategorie zapadají i pokročilé prvky elektronické asistence. Tyto prvky slouží pouze ke zvýšení komfortu při jízdě, momentálně však nenahrazují plně roli řidiče.

ABS

Anti-Lock Braking System (ABS) je povinnou výbavou současných vozidel. Jeho funkcí, jak z názvu vypovídá, je zabránit zablokování kol při brzdění. ABS v krátkých okamžicích reguluje brzdovou sílu na jednotlivých kolech. Kolo neztrácí přilnavost s vozovkou. To má za výsledek možnost ovládat vozidlo při prudkém brzdění a případně kratší brzdovou dráhu [6].

ASR

Anti-Slip Regulation (ASR), někdy také nazývané jako Traction Control System (TCS) je systém, který při akceleraci brání ztrátě trakce hnacích kol. Pokud kola prokluzují, ASR přibrzdí kola, či sníží výkon motoru [6].

ESC

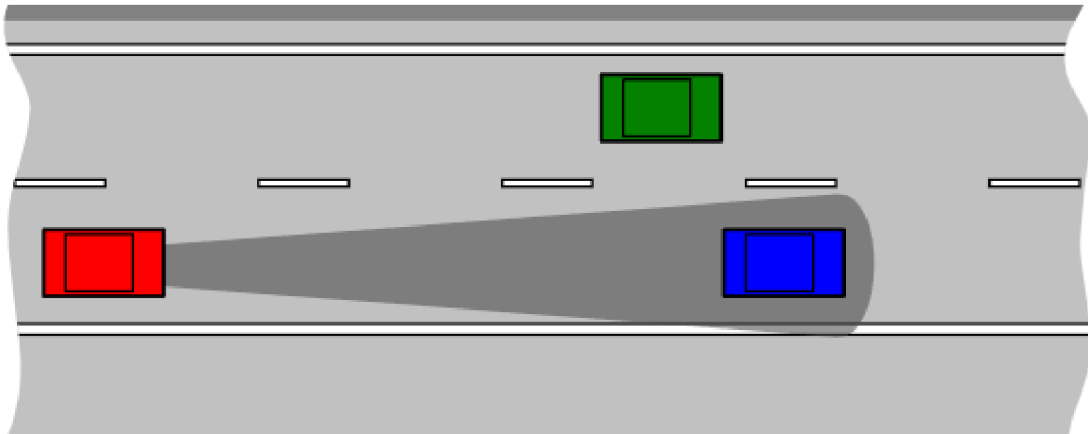
Electronic Stability Control (ESC), někdy také nazývané jako Electronic Stability Programme (ESP), pomáhá řidiči při nedotáčivém nebo přetáčivém smyku. ESC porovnává záměr řidiče (úhel natočení volantu) a kam automobil skutečně směřuje. Při smyku se omezí výkon motoru a přibrzdí jednotlivá kola, tak aby se automobil vybalancoval. Při nedotáčivém smyku se je větší důraz na přibrzdění zadního vnitřního kola. U přetáčivého smyku je naopak důraz na přibrzdění předního vnějšího kola [6].

CAS

Tento asistent (Collision Avoidance System - CAS) působí v době, kdy by se mohla vyskytnout čelní srážka. Využívá kamery, radarový senzor (někdy i LIDAR) pro snímání potenciálních překážek. Na případnou nehodu upozorní řidiče. Některá novější auta mohou mít funkci, pokud by hrozilo riziko naražení a řidič nereagoval, tak aktivují automatické brzdění, nebo při vyšší rychlosti i zásah do řízení volantu [7].

ACC

Adaptivní tempomat (Adaptive Cruise Control - ACC) na rozdíl od klasického tempomatu, který dokáže udržovat nastavenou rychlost, umí pomocí mid-range radaru (MRR) kontrolovat a případně přizpůsobit rychlost automobilu podle situace na vozovce (zejména automobilům vepředu) [8].



Obrázek 1.2: ACC - Červený automobil udržuje bezpečnou vzdálenost od modrého automobilu [8]

Lane assist

Asistent jízdy v pruzích (Lane assist) je systém, který má za úkol upozornit řidiče, před neúmyslným přejetím pruhu. Pomocí předních kamer se vyhodnocují vodorovná značení vozovky. Lane Assist může být limitovaný špatným počasím (silný déšť, sněžení, mlha) nebo nesprávným značením vozovky. Často se využívá na dálnicích a rychlostních silnicích (působí od určité rychlosti) [9].

Detekce ospalosti řidiče

Tento systém hodnotí chování řidiče - abnormální natáčení volantu, kamera směřující na řidiče (zívání, stav očí), jízdy v nočních hodinách. Detekuje a upozorní řidiče na případný mikrospánek [10].

Osvětlení automobilu

Dle zákona o silničním provozu § 32 musí být motorová vozidla řádně osvětlena [11]. Neosvětlené vozidlo nemusí být vždy dobře vidět a naopak příliš zářivé vozidlo oslňuje ostatní účastníky provozu. Správně osvětlené vozidlo a dávání znamení o směru jízdy (blinkry) výrazně snižuje riziko nehody.

V současné době existují i chytré světlomety, které se automaticky přizpůsobují okolí - změna světel podle současné viditelnosti, natáčecí světlomety, odstínění dálkových světel, tak aby neoslňovaly ostatní řidiče [12].

Kamera a parkovací asistenti

Zadní kamera může při couvání upozornit na věci, které jsou umístěny mimo dohled řidiče. Přední kamera je často užívána k nahrávání záznamu dopravy. Tento záznam z kamery je pak možno použít jako důkaz v případě nehody.

Parkovací asistenti obvykle využívají k parkování zadní kameru a vypočítávají pro vjezd do stísněného parkovacího místa potřebné natočení volantu. Existují i 360° kamery, ty nabízejí pohled z vrchu (ptačí perspektivy) na automobil. Fungují tak, že systém seskládá kamerové obrazy z více kamer najednou (alespoň jedna kamera pro každou stranu automobilu).

Safe Exit System

Tento systém pomocí radaru sleduje pohyb automobilů v okolí. Varuje, nebo přímo zamkne dveře vozidla, aby se zabránilo srážce při vystupování z vozu. Většinou je tento systém určen pro mladší pasažéry na zadních sedadlech. Problémem může být porucha tohoto systému. Pokud se dveře zamknou ze špatného důvodu, může hrozit nebezpečí [13].

1.1.3 Hodnocení bezpečnosti automobilu

Euro NCAP je Evropský dobrovolný program, který testuje bezpečnost automobilů. Modely automobilů se hodnotí maximálně pěti hvězdičkami. Pět hvězdiček je vozidlo s velmi dobrými bezpečnostními prvky. Pokud vozidlo dostane nula hvězdiček, tak moderní bezpečnostní prvky jsou na velmi nízké úrovni, ale i tak lze automobil legálně prodávat. Hodnocení se určuje pomocí důležitých faktorů - pasivní a aktivní bezpečnost. Testují se reakce automobilu na čelní i boční nárazy a jejich dopad na posádku (dospělí i děti). Simuluje se čelní sražení chodce, či cyklisty. Ověřují se funkčnosti bezpečnostních asistentů (předcházet nehodě) [14], [15].

1.1.4 Norma ISO 26262

Tato norma se zabývá bezpečností elektronických systémů v automobilu (v části 12 i pro motocykl). Skládá se celkem z 12 částí. Definuje požadavky na vývoj a výrobu jednotlivých přístrojů (hardware i software). Také definuje, že při poruše jakéhokoliv komponentu nesmí být ohroženy osoby [16], [17].

ASIL

Automotive Safety Integrity Level (úroveň integrity bezpečnosti automobilu) se zabývá klasifikací rizik definované normou ISO 26262 (část 9). Tyto rizika lze vypočítat. Automobilové komponenty se dělí do úrovní: ASIL A, ASIL B, ASIL C, ASIL D.

ASIL A je úroveň s nejnižším rizikem při poruše, je to například autorádio - při jeho poruše se nijak zásadně neovlivní bezpečnost. ASIL D je třída s nejvyšším rizikem. Patří sem například brzdové systémy - při jejich poruše hrozí velké riziko nebezpečí jak pro řidiče a posádku, tak i ostatní účastníky silničního provozu. Existuje i úroveň QM (Quality Management), kde nejsou potřeba žádná bezpečnostní opatření [18].

1.1.5 Kybernetická bezpečnost

S rostoucím počtem elektroniky a softwaru v automobilech se také zvyšuje riziko kybernetického útoku. Největším rizikem mohou být propojení automobilu s mobilním telefonem (Bluetooth), internetem a dálkovým ovládáním (bezdrátové klíče). Cílem útoku mohou být osobní údaje, krádež vozu, či přímo ohrožení řidiče. V nehorším případě například i zásah do funkce brzd, či vypnutí motoru. V současné době je tím pádem kladen velký důraz i na kybernetickou bezpečnost. Problém bude nejspíše nadále i v budoucnosti, kdy vozidla budou mít stále více elektroniky a budou se objevovat první plně automatizovaná vozidla (schopnost automobilů komunikovat mezi sebou, tím pádem i nové možnosti pro útok)[19].

1.1.6 Autonomní vozidla

Dle Policie České republiky bylo za rok 2022 v dopravních nehodách usmrceno 454 osob. Ze statistik PČR lze zjistit, že většinu autonehod způsobí lidská chyba (nevěnování se plně řízení, nedání přednosti v jízdě, nepřiměřená rychlost atd.) [20].

Autonomní vozidla na nejvyšší úrovni tuto lidskou chybu teoreticky odstraní. Z pohledu automobilové bezpečnosti jsou autonomní vozidla mnohem bezpečnější, protože ke své činnosti nepotřebují řidiče. Na druhou stranu tyto autonomní vozidla musí mít příslušnou ochranu před kybernetickými útoky. Dále je těžké rozhodnout etické otázky, u koho by mělo autonomní vozidlo v případě nevyhnutelné nehody upřednostnit bezpečnost (známé taky jako Trolley problem) [21].

1.2 Sensory a akční členy systémů pro bezpečné opuštění vozu

V této části bakalářská práce se popisují senzory a akční členy určené pro bezpečné opuštění vozidla. Bezpečné opuštění automobilu je možné pouze v případě, kdy je vozidlo správně zabrzděné a při výstupu z vozidla nehrozí okamžitá nebezpečí.

1.2.1 ECU

Electronic Control Unit (řídící jednotka) je elektronický systém zajišťující určitou funkcionalitu vozidla. Například jednotka řízení motoru, dveří, sedadel, brzd, klimatizace atd.

Typickou součástí ECU bývá mikrokontrolér či mikroprocesor, vybaven vstupy či výstupy pro interakci se snímači a akčními členy. Program ECU zpracovává data ze snímačů a na základě implementované logiky řídí akční členy nebo informuje ostatní jednotky prostřednictvím komunikačních sběrnic, z nichž lze zmínit například CAN či LIN [22].

Sběrnice v automobilu

Sběrnice v automobilu umožňují komunikaci mezi různými ECU. Propojují senzory, akční členy, ovladače atd. Tím umožňují existenci některých pokročilých funkcí (CAS, Lane assist, parkovací asistenti atd.). Kvůli využití v automobilech (i v ostatních prostředcích) je kladen velký důraz na rychlost a spolehlivost. Mezi nejznámější komunikační sběrnice patří CAN, Ethernet a LIN.

CAN bus (Control Area Network) je sériová datová sběrnice s maximální rychlostí přenosu 1 Mb/s. Data se posílají v rámcích a každý rámec obsahuje až 8 bajtů, novější CAN FD má až 64 bajtů. Rámec obsahuje i identifikátor, který udává prioritu zprávy. Pokud by vysílalo více než jedno zařízení, tak zařízení s menší prioritou ustoupí [23].

LIN (Local Interconnect Network) je sériová sběrnice. Na rozdíl od CAN je cenově dostupnější. Ke komunikaci využívá jednovodičové spojení. Je vhodný pro méně důležité zařízení v automobilu (polohování sedadel, stěrače, stahování oken, zamýkání dveří). Často se používá v kombinaci s výše uvedenou sběrnicí CAN [24].

1.2.2 Akční členy

Akční členy za pomoci zdroje energie (např. autobaterie) převádí informace ze senzorů na určitý technický proces (například hydraulický, pneumatický, elektromechanický pohyb). Například sešlápnutím brzdového pedálu vznikne tlak v brzdovém systému (signál). Na to reaguje brzdový píst (akční člen), který přitlačí brzdové destičky k brzdovému kotouči.

Mechanická parkovací brzda

Mechanická parkovací brzda se ovládá pomocí páky. Páka ovládá brzdová lanka vedoucí většinou k zadním kolům. Podle brzd v automobilu může být řešena dvěma způsoby.

U starších aut s bubnovými brzdami tahají brzdová lanka za brzdové čelisti uvnitř bubnů.

Parkovací brzda u kotoučových brzd může fungovat dvěma způsoby. Levnější, ale náchylnější k poškození je řešení, kdy parkovací brzda působí na brzdíče kotoučových brzd. Spolehlivější, ale dražší je přidání pomocné bubnové brzdy, určené pro parkovací brzdu.

Elektromechanická parkovací brzda

EPB (Elektromechanická parkovací brzda) se vyskytuje u nových automobilů s kotoučovými brzdami, vzácněji i bubnovými brzdami. EPB používá místo páky tlačítko. Tlačítkem se ovládá elektromotor, ten může táhnout za brzdová lanka jako u mechanické parkovací brzdy.

Existuje i další způsob, kde se používají krokové servomotory. Ty jsou umístěné přímo na brzdíči kotoučové brzdy a ovládají se pomocí řídicí jednotky. To umožňuje další přídatné komfortní funkce jako například automatické vypnutí a zapnutí [25].

Zámek dveří

Zámek ve dveřích automobilu lze zamknout bezdrátově nebo pomocí rukojetí ve dveřích. Rukojeť funguje na principu páky. Řídicí jednotka také dokáže rozeznat, jestli se klíč nachází v zapalování, v tomto případě se zámek odemkne. Bezdrátový signál je do ovladače přenesen pomocí rádiových vln [26].

Dětská pojistka může být nainstalovaná v zadních dveřích. Znemožňuje otevření dveří zevnitř. Z názvu vyplývá, že je určena pro mladší cestující, aby za jízdy neotevírali dveře.

Upnutí bezpečnostního pásu

Při nárazu se aktivuje pyrotechnický předepínač, ten okamžitě upne pás a tím zvýší jeho účinnost. Nachází se zde i omezovače síly tohoto upnutí, aby nedošlo ke zranění od příliš velkého utažení pásu [27].

Aktivace airbagů

Pokud se spustí snímače airbagu (nárazové snímače), tak se podle rychlosti vozidla, umístění pasažéru a bezpečnostních pásů neprodleně aktivují příslušné airbasy na straně nárazu (například čelní, boční, hlavový, či kolenní). Airbasy se chemickou reakcí nafouknou neškodným plynem v řádech milisekund. Při aktivaci zároveň dochází i k uvolňování tlaku v airbagu, aby byl co nejměkčí. Proto je správné načasování u airbagů velmi důležité [28].

1.2.3 Senzory

Senzory sledují fyzikální, či technickou veličinu a jejich výstup se předává akčním členům nebo ECU pro další zpracování.

Senzor dveří

Pomocí autobaterie, která slouží jako zdroj elektrického proudu, se vyhodnocuje, zda je elektrický obvod, který je veden přes dveře, uzavřený. Pokud jsou dveře otevřené, elektrický obvod se přeruší. Tento elektrický okruh lze spojit například magnetickým proužkem, který je umístěn na dveřích a samotné karoserii auta. Při zavření dveří, magnetické pásky uzavřou elektrický obvod. Pomocí tohoto snímače, lze zjistit, jestli jsou dveře správně zavřené. Další možností může být sepnutí obvodu přes tlačítkový spínač na sloupku dveří [29].

Senzor sedadla

Přítomnost osoby na sedadle (mimo zapnutého bezpečnostního pásu) zjistíme podle zatížení sedadla. Toto zatížení můžeme určit pomocí tenzometru. Tenzometr je upevněn na sedadlo a při zátěži se deformuje. Při deformaci se u tenzometru mění elektrický odpor. Vztah vyjadřuje tento vzorec:

$$R = \rho * \frac{l}{S}$$

Kde R je výsledný odpor vodiče (tenzometru), ρ je měrný elektrický odpor (materiál vodiče), l je délka vodiče a S průřez vodiče. Při deformaci se zmenšuje průřez a zvětšuje délka vodiče, tím pádem se zvětšuje i elektrický odpor [30]. Na základě elektrického odporu se vyhodnotí zátěž sedadla. Dle zátěže se může určit, jestli je na sedadle přítomna osoba nebo například nákupní taška a tím pádem i jak by se měly optimálně spustit airbagy.

Senzor bezpečnostního pásu

Senzor detekuje, zda je přezka u bezpečnostního pásu zajištěna nebo odjištěna. Společně se senzorem sedadla, určí zda má varovat řidiče kvůli nedopnutému bezpečnostnímu pásu.

Senzor na volantu

Tento senzor snímá přítomnost rukou na volantu. Uvnitř potahu volantu se nachází kapacitní snímač.

Kapacitní snímač obsahuje RC oscilátor, který reaguje na změnu kapacity. Tuto změnu vyhodnotí komparátor a nakonec je výsledná hodnota zesílena. Kapacitní snímače reagují jak na vodivé, tak na nevodivé předměty [31].

Dalším zajímavým řešením může být kamera mířená na volant se schopností rozeznat lidskou ruku (vision ai) [32].

Parkovací senzor

Parkovací senzory se, jak z názvu vyplývá, používají pro parkování a jiné manévry v blízkosti ostatních automobilů nebo objektů v okolí vozidla. Tyto senzory mohou určit přibližnou vzdálenost cizích objektů pomocí elektromagnetického nebo ultrazvukového senzoru. Řidiče pak zvukově, či vizuálně upozorní.

Elektromagnetický senzor je na rozdíl od indukčního snímače vhodnější pro větší vzdálenost. Díky magnetickému poli, které může procházet kovovými i nekovovými materiály, má dobrou ochranu proti rušení a tyto snímače mohou být zakryté.

Ultrazvukový senzor zjišťuje vzdálenost vysíláním akustických impulsů a následným měřením doby návratu. Nevýhodou těchto senzorů mohou být úzké předměty (neodrazí zpátky zvuk, například tenký sloup) a měkké předměty, které pohlcují zvuk (bavlna, pěna) [33].

Obrázek 1.3: Ukázka parkovacího senzoru na VW Golf [33]



Senzor airbagu

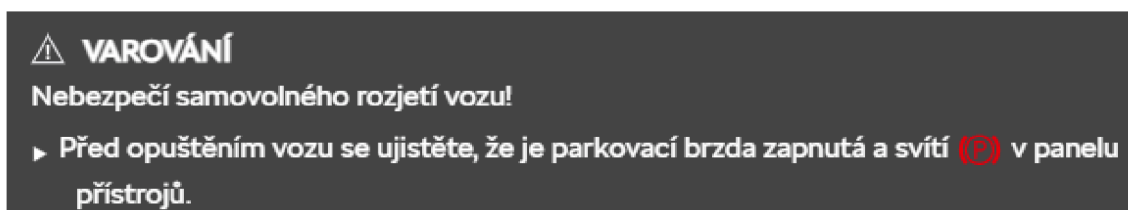
Senzor airbagu (nárazový senzor) sleduje prudké zpomalení vozu. Tyto senzory většinou fungují pomocí akcelerometru, či na principu setrvačnosti. Například magnet, který svým magnetickým polem přitahuje kovovou kuličku. Kulička se při nárazu (prudké zpomalení) automobilu od magnetu uvolní a spustí přepínač, který pošle signál do jednotky airbagu [34].

2 Praktická část

Praktická část popisuje možná řešení problému bezpečného opuštění vozu. Hlavním zkoušeným vozidlem bude SUV elektromobil Škoda Enyaq iV. A to především kvůli automatické EPB - ta se v tomto voze sama aktivuje při vypnutí zapalování, nebo právě při výstupu řidiče z vozu (samozřejmě lze ručně aktivovat pomocí příslušného tlačítka). EPB se samo deaktivuje při zařazení a rozjezdu. Deaktivovat lze i v nastavení infotainment systému (např. pro odtah vozidla).

Bohužel kvůli utajení nejsou citlivá data firmy Škoda Auto v této bakalářské práci uvedena.

Nutno dodat, že Škoda Auto před nebezpečím samovolného rozjetí vozu ve svém návodu varuje.



Obrázek 2.1: Úryvek z návodu pro vůz Škoda Enyaq iV [35]

2.1 Hledání řešení

Požadavky na řešení jsou:

- Analýza problému - kdy a proč problém vzniká
- Stanovit kdy se aktivuje EPB - při jaké kombinaci snímačů se zatáhne EPB
- Důraz na bezpečnost - zamezení, nebo alespoň snížení vzniku problému se samovolným rozjetím vozu
- Srozumitelnost a jednoduchost - v automobilech se nachází mnoho elektroniky a programů (čím jednodušší, tím lepší)
- Uvážení opotřebení brzd - přílišné používání EPB z vyšší rychlosti (nad cca 6 km/h) krátí životnost mechanických komponent brzdového ústrojí

2.2 První seznámení s problémem

Pokud chceme najít řešení, musíme nejdříve zjistit, jak automobil na vystoupení řidiče z nenulové rychlosti reaguje. Po praktickém testování automobilu Škoda Enyaq iV je zjištěno, že pro bezpečné opuštění vozu je klíčová zejména rychlost při které řidič vystupuje. Důležitým faktorem jsou i snímače (zaznamenáváno i jejich pořadí), které hlídají přítomnost řidiče - snímač bezpečnostního pásu, dveří a sedadla. Dále můžeme brát v úvahu režim automatické převodovky a použití brzdového pedálu. Testováním všech stanovených možností dostaneme výsledky zda automobil bezpečně zastaví, či pokračuje dál v jízdě. Tyto výsledky pak zapíšeme do prvotní tabulky (viz tabulka 2.1).

- **Převodovka:** automatická převodovka, D (Jízda vpřed), B (Jízda vpřed s maximální mírou rekuperace), N (Neutrál), R (Jízda vzad)
- **Rychlost:** 1 km/h až 6 km/h, je to rychlost, kdy je proveden výstup z automobilu
- **Brzdový pedál:** ano - zpomalení na příslušnou rychlost brzdovým pedálem, ne - samovolné zpomalení automobilu na příslušnou rychlost
- **Snímače:** pás (odepnutí bezpečnostního pásu řidiče), dveře (otevření dveří u řidiče), sedadlo (výstup ze sedadla řidiče) - i jejich pořadí (1., 2., 3. v tabulce), případně jejich absence, nebo nesprávná signalizace
- **Výsledek:** automobil bezpečně zastavil, automobil nadále pokračuje v jízdě

Tabulka 2.1: Příklad části z prvotní tabulky

Převodovka	Rychlost [km/h]	Pás	Dveře	Sedadlo	Brzdový pedál	Výsledek
D	1	1.	2.	3.	ne	-
D	2	1.	2.	3.	ne	-
D	3	1.	2.	3.	ne	-
D	4	1.	2.	3.	ne	-
D	5	1.	2.	3.	ne	-
D	6	1.	2.	3.	ne	-

2.2.1 Senzory pro určení přítomnosti řidiče

Výpis snímačů sloužících k detekci přítomnosti řidiče v automobilu, nebo jinak souvisejících s aktivací EPB.

- Snímač sedadla
- Snímač dveří
- Snímač bezpečnostního pásu
- Rychlost automobilu
- Snímač na volantu (pokud je dostupný)
- Řidič stlačí brzdový pedál
- Řidič stlačí plynový pedál
- Použití parkovací brzdy
- Změna jízdního režimu na automatické převodovce
- Změna úhlu natočení volantu
- Ovládání páček u volantu (blinkr, stěrače, dálková světla...)
- Ovládání oken
- Ovládání klimatizace
- Vnitřní zámek dveří
- Ovládání infotainment systému (dotyková obrazovka)

2.2.2 Chybné snímače

Může se stát, že snímač po nějaké době přestane správně fungovat (signál přestane být buď úplně vysílán nebo není validní). V kontextu bezpečného opuštění vozu máme na mysli například senzor bezpečnostního pásu, senzor sedadla, senzor dveří a v řadě případů i senzor na volantu. Chybný senzor by se měl co nejdříve opravit, či vyměnit. Přesto by jeho výpadek neměl ohrožovat bezpečnost posádky a okolí.

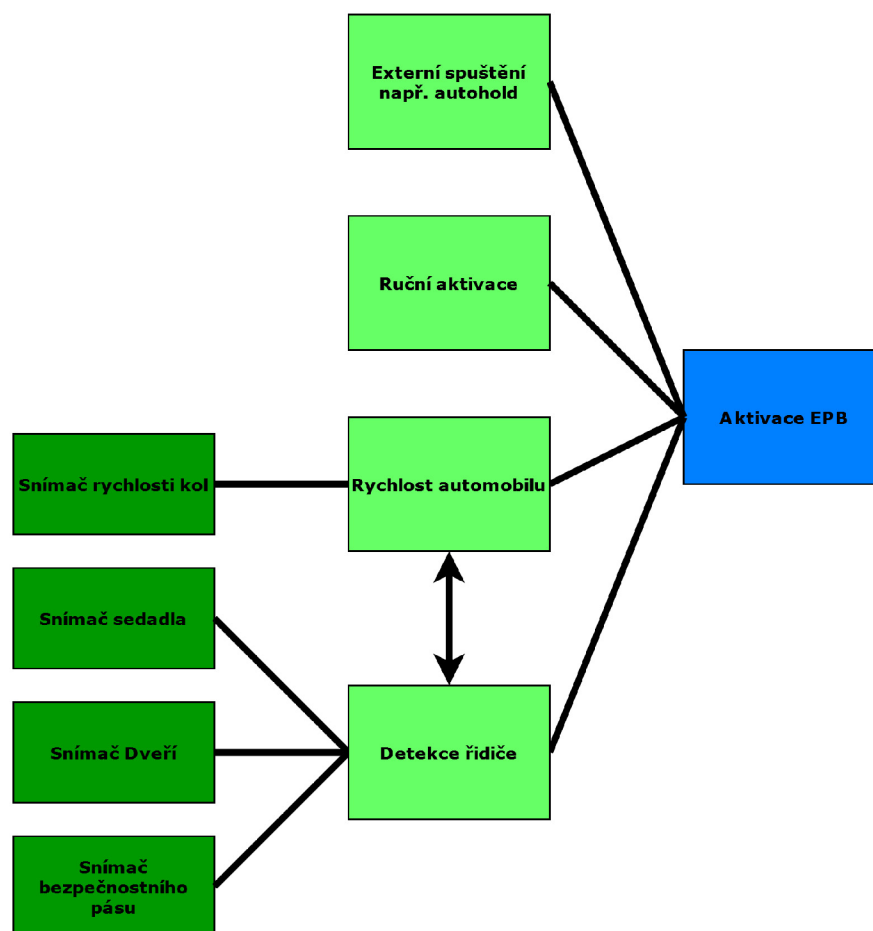
Přítomnost řidiče v autě, lze nejlépe zjistit pomocí několika senzorů najednou. V nejhrošším případě by však měl stačit pouze senzor sedadla, který jednoznačně dává signál zda je řidič správně usazen. I tak se tento senzor může porouchat, či oklamat (například závažím o hmotnosti člověka), také stačí pokud se řidič na moment nadzvedne ze sedadla.

Vědomě oklamat lze i bezpečnostní pás (bezpečnostní pás je sepnutý za zády řidiče, nebo je v zámku umístěna samostatná zarážka), v tomto případě se však

jedná o porušení legislativy. Snímač dveří se naopak lehce oklamat nedá. Kapacitní snímač na volantu dává signál, zda má řidič ruce (ruku) na volantu. Řidič by měl mít stále alespoň jednu ruku na volantu během řízení. Tento snímač by se mohl ošálit určitým cizím předmětem v blízkosti volantu.

Vyhodnocení snímačů

Pokud by vše správně fungovalo (všechny snímače fungují a shodují se, že řidič je/není ve vozidle), tak by stručné blokové schéma mohlo vypadat například jako na obrázku 2.2. Na základě snímačů (vlevo, tmavě zelená) vyhodnocují jednotlivé funkce (veprostřed, světle zelená), zda se má aktivovat EPB (vpravo, modrá). Tato práce je zaměřená právě na detekci řidiče, která pro svou funkci potřebuje znát rychlost automobilu.



Obrázek 2.2: Blokové schéma - aktivace EPB

Poznatky získané z prvotní tabulky nám umožňují vytvořit tabulku s hodnotami, které prakticky využijeme. Tabulka 2.2 popisuje kombinační logiku zatažení EPB, v případě, že některý snímač, či více snímačů nefungují. Tabulka je rozdělená na dvě části. V první části je popsáno chování EBP při funkčnosti všech snímačů. V další části zkoumá tabulka aktivaci EPB při různých kombinacích chybných snímačů. Bohužel, kvůli citlivosti informací nejsou výsledky výstupu EPB při chybě snímače uvedeny.

- **Sedadlo:** 0 - řidič není na sedadle, 1 - snímač sedadla detekuje řidiče, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **Dveře:** 0 - dveře jsou otevřené, 1 - dveře jsou zavřené, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **Bez. pás:** 0 - bezpečnostní pás není aktivní, 1 - bezpečnostní pás je sepnutý, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **EPB:** 0 - EPB se automaticky neaktivuje, 1 - EPB se automaticky aktivuje, pomlčka - nebylo možné zveřejnit hodnotu výstupu

Tabulka 2.2: Tabulka aktivace EPB

Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	0	2	-
0	1	2	-
1	0	2	-
1	1	2	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	2	0	-
0	2	1	-
1	2	0	-
1	2	1	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	0	0	-
2	0	1	-
2	1	0	-
2	1	1	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	2	2	-
1	2	2	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	0	2	-
2	1	2	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	2	0	-
2	2	1	-
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	2	2	-
2	2	2	-

2.2.3 Výběr software

Ve společnosti Škoda Auto se na práci s ECU často používají programy společnosti Vector Informatik GmbH, např. CANalyzer, CANape, CANoe a další. Pro tuto práci byl vybrán již zmiňovaný software CANalyzer (verze 12.0). Ten umožňuje analýzu a simulaci signálů z a do ECU po příslušné úpravě kabelového vedení a vytvoření tzv. přerušení CAN sběrnice. Důvodem proč byl tento program vybrán, jsou již existující konfigurace a šablony pro Škoda Auto/VW.

2.3 Vytvoření programu a měření signálů

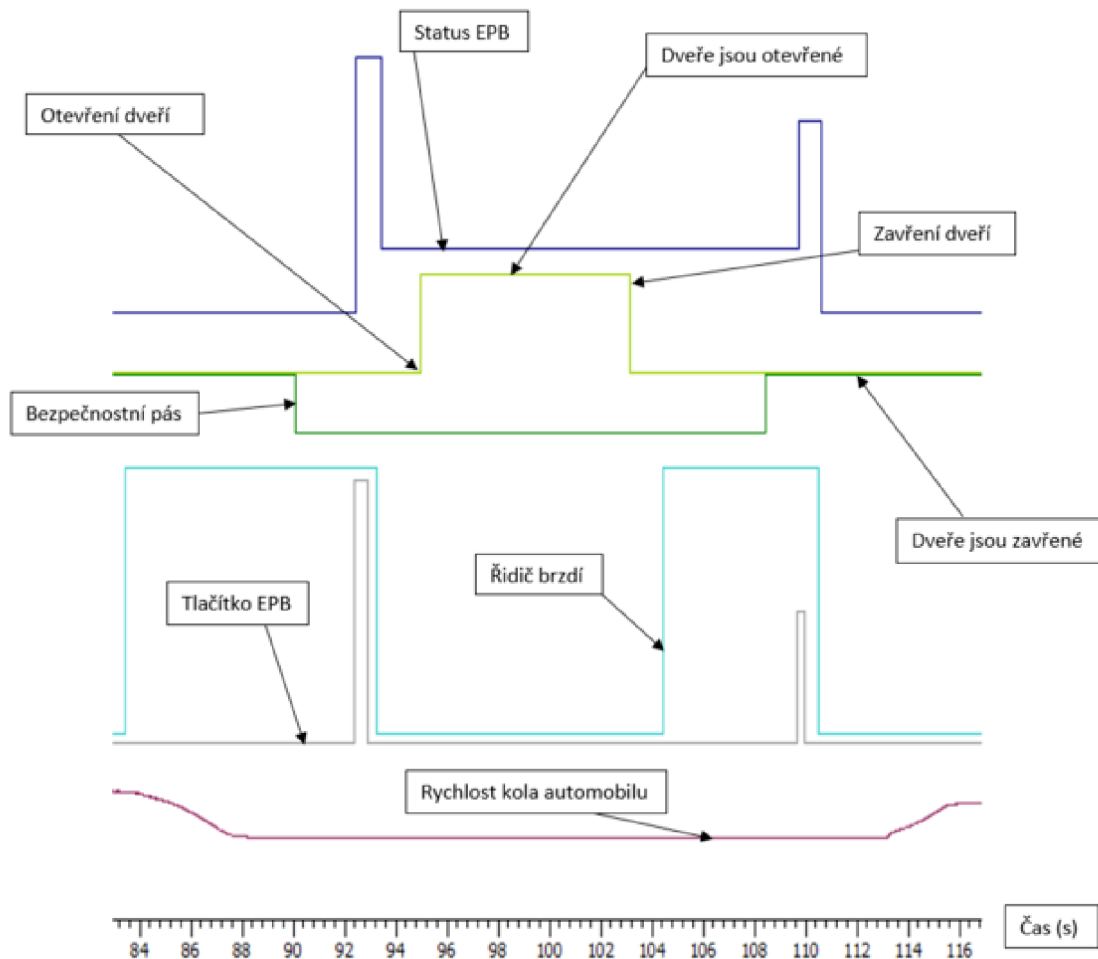
Po přiřazení licence k programu CANalyzer lze vytvořit konfiguraci a přiřadit kanály pro rozhraní mezi softwarem a hardwarem. Důležité je přiřazení tzv. databáze. Ta obsahuje popis komunikačních rámců a jejich obsahu. Slouží jako prostředek pro CANalyzer, aby dokázal prezentovat přijatá a vysílaná data v podobě čitelné a pochopitelné pro uživatele.

Na propojení software s vozidlem se v této práci používá CAN/LIN Interface z řady VN1630A. Tento modul podporuje komunikační rychlost 1 Mbit/s v případě CAN, u CAN-FD až 8 Mbit/s. Celkem lze využít 4 CAN kanálů, každý má svoji LED signalizaci, která udává zda je přenos v pořádku, či nikoliv. Pro propojení s notebookem se zde nachází USB konektor.

Po vytvoření základního programu, propojení CANalyzeru (notebooku) prostřednictvím hardwarového rozhraní VN1630A a přepnutí do režimu online, můžeme pomocí bloku Logging měřit ve formě grafu vybrané signály. Tato měření lze ukládat v binární podobě do souboru .blf a v offline režimu dále studovat.

Předmětem zájmu jsou pro nás tyto signály: status EPB, tlačítko EPB, tlak v brzdové soustavě, zdali řidič brzdí, stav sedadla, stav dveří, stav přezky u bezpečnostního pásu, rychlosti na jednotlivých kolech, otáčky motoru. Některé příklady viz obrázek 2.3.

Obrázek 2.3: Ukázka z měření

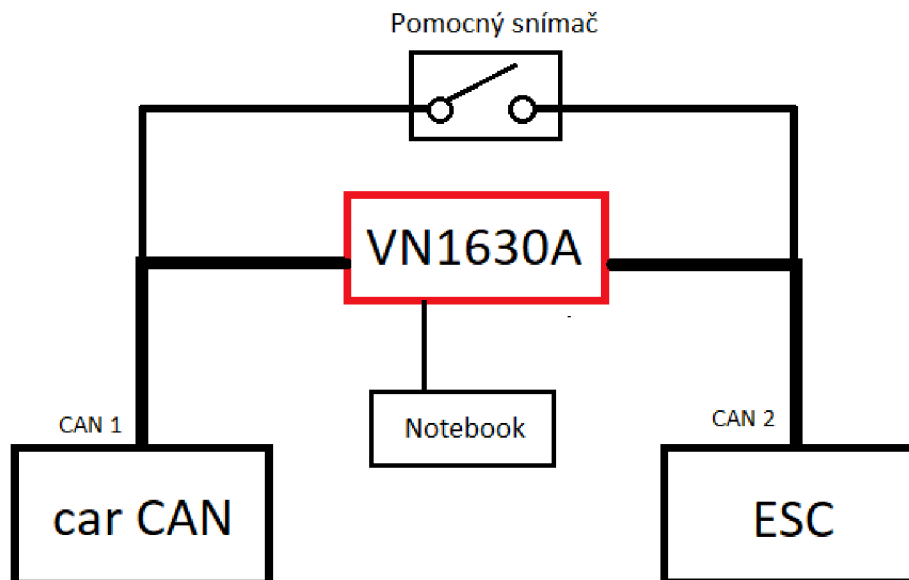


2.4 Simulace a manipulace signálů

Software CANalyzer umožňuje do smyčky přidat programovací uzel. Jako programovací jazyk se používá CAPL (podobné programovacímu jazyku C). Program se vykonává na základě událostí (např. ze sensorů, po stisknutí tlačítka na klávesnici atd.).

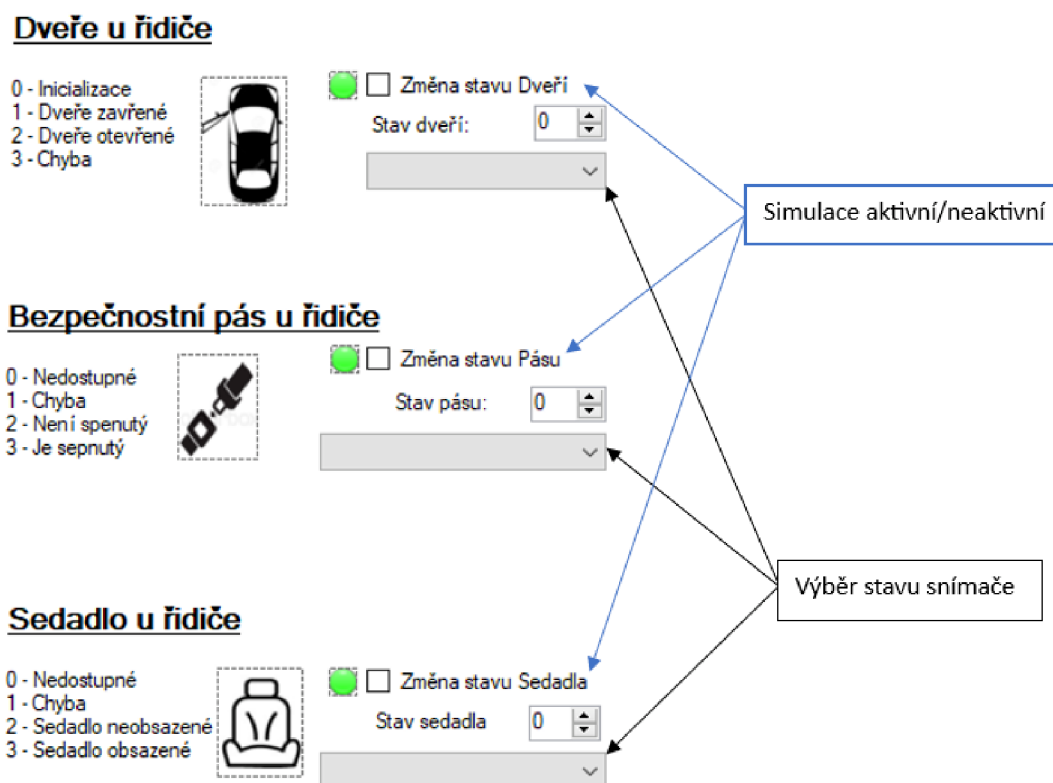
Z automobilu a z ESC jednotky se vyvedou CAN konektory. Vytvoří se přerušení a připojí se mezi ně výše zmíněný VN1630A propojený pomocí USB s programem CANalyzer v počítači viz obrázek 2.4. Pokud by nebyl program aktivní, automobil nebude schopný s ESC jednotkou komunikovat a vozidlo by hlásilo velké množství chyb. Proto se zde nachází i pomocné vedení se spínačem, které se tedy využívá, pokud program není spuštěný.

Obrázek 2.4: Zapojení VN1630A



CANalyzer se chová jako prostředník mezi ESC jednotkou a zbytkem automobilu. Díky tomu lze v softwaru CANalyzer manipulovat signály z a do ESC jednotky. V softwaru CANalyzer lze vytvořit pomocí Vector Panel Designer přehledné grafické uživatelské rozhraní viz obrázek 2.5. Například ve skutečnosti máme zavřené dveře a chceme, aby do ESC přišla CAN zpráva, že dveře jsou otevřené. Podle obrázku 2.4 výše, car CAN (CAN 1) pošle zprávu do ESC jednotky, že dveře jsou zavřené. Přičemž mezitím VN1630A, tuto zprávu přepíše a modifikovanou CAN zprávu (nyní jako CAN 2) pošle dál do ESC jednotky. Funguje to i obráceně, kdy jednotka ESC posílá zprávu zbytku auta.

Obrázek 2.5: Ukázka ze simulačního prostředí



2.5 Vyhodnocení měření a simulace signálů

Během měření se zjistilo, že EPB je sice ovládáno přímo pomocí ESC jednotky, ale koncept bezpečného opuštění vozu není (je ovládán pomocí BCM - centrální elektroniky). Tato funkce (bezpečné opuštění vozu) sleduje snímače sedadla, bezpečnostního pásu a dveří. Za úkol má dát požadavek na zatáhnutí EPB v případě aktivace dvou těchto snímačů (například odepnutí bezpečnostního pásu + otevření dveří, viz tabulka 2.2). Pomocí ESC jednotky, lze manipulovat například funkci Autohold. Nutno dodat, že funkce Autohold se aktivuje pokud řidič sešlápne brzdový pedál. Tato funkce může sama aktivovat EPB (užitečné například pro plynulé rozjetí automobilu v kopci). Autohold pro náš případ reaguje aplikováním brzdy jen při otevření dveří. Pro simulaci chyb se tedy musí manuálně nastavit snímače do chyby - fyzické odpojení konektoru senzoru (dveře - u pantů dveří u řidiče, sedadlo a bezpečnostní pás - pod sedadlem řidiče). Naneštěstí se senzor sedadla a bezpečnostního pásu nachází na stejném konektoru, proto je nelze jednotlivě odpojit.

Při chybě některého ze snímačů nelze jistě říct, jestli se EPB automaticky zatáhne. Dále bylo zjištěno, že při poruše snímače, není upozornění na displeji automobilu.

Například odpojené dveře se na displeji automobilu prezentují jako otevřené.

2.6 Řešení

Řešením by tedy byla jasná definice, kdy se aktivuje EPB i v případech chybných signálů ze snímačů (osobní řešení viz tabulka 2.3). Musíme brát v úvahu možnost, že se senzor může porouchat při jízdě, nebo před jízdou. V obou případech by měla být informace o poruše na displeji auta. Ve vzácnějším případě, kdy se porouchá více snímačů najednou, by měl automobil upozornit řidiče, že automatické aktivování EPB je z důvodu chyby vypnuto.

Bohužel, vzhledem k výše popsanému problému (- požadavek na aktivování EPB z konceptu bezpečného opuštění vozu není z jednotky ESC), by bylo zrealizování automatické simulace, která by sama aktivovala EPB, značně náročné.

- **Sedadlo:** 0 - řidič není na sedadle, 1 - snímač sedadla detekuje řidiče, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **Dveře:** 0 - dveře jsou otevřené, 1 - dveře jsou zavřené, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **Bez. pás:** 0 - bezpečnostní pás není aktivní, 1 - bezpečnostní pás je sepnutý, 2 - snímač je v chybě (neznámý stav)
- **EPB:** 0 - EPB se automaticky neaktivuje, 1 - EPB se automaticky aktivuje

Tabulka 2.3: Tabulka aktivace EPB - osobní řešení

Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	0	2	1
0	1	2	1
1	0	2	1
1	1	2	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	2	0	1
0	2	1	1
1	2	0	1
1	2	1	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	0	0	1
2	0	1	1
2	1	0	1
2	1	1	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
0	2	2	1
1	2	2	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	0	2	1
2	1	2	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	2	0	0
2	2	1	0
Sedadlo	Dveře	Bez. pás	EPB
2	2	2	0
2	2	2	0

2.6.1 Další možnosti řešení

Zajímavým způsobem, jak určit, zda se řidič nachází ve vozidle je použití termokamery (v autě mířené na pozici řidiče). Další možností je využití kamery (již zmíněno v části s detekcí ospalosti řidiče 1.1.2), která rozpozná řidiče.

Trochu složitějším řešením by mohla být funkce, která by v krátkých intervalech, kontrolovala signály ze snímačů (vypsány v kapitole 2.2.1) a potvrdila, zda se řidič nachází ve vozidle. U této funkce se však může opět vyskytnout problém v podobě chybných signálů ze sensorů, nebo jiných nesrovnalostí například: řidič stlačí plynový pedál, ale snímač sedadla neregistruje přítomnost řidiče.

Další možností by bylo přenesení zodpovědnosti na řidiče. Tedy řidič sám rozhodne, kdy se má EPB aktivovat. Tím by vznikla větší svoboda v možnostech ovládání svého automobilu. Na druhou stranu by se tato funkce mohla stát komplikovaná na výrobu. Zároveň by se také mohla stát příliš složitá a riskantní pro běžné zákazníky.

Problém bezpečného opuštění vozu zasahuje i do problematiky autonomních vozidel, kde je taktéž důležitá informace, zda se pasažér (řidič) nachází ve vozidle. Problémům se senzory se můžeme vyvarovat pokud zvýšíme jejich robustnost. Navýšení počtu sensorů nezávislých na sobě se nabízí jako dobré řešení, ale to zvyšuje náklady na výrobu. Nabízí se i možnost bezdrátových snímačů.

Závěr

Tato práce vysvětluje různé současné bezpečnostní prvky automobilu jako například bezpečnostní pásy, airbagy, ABS a ESP. Krátce se zde popisuje hodnocení bezpečnosti, kybernetická bezpečnost a autonomní vozidla. Další kapitola se zaměřuje na princip funkce některých akčních členů a senzorů, které jsou určeny pro bezpečný výstup z vozu. To je například parkovací brzda, zámek dveří, senzor dveří a senzor sedadla. Stručně se zde popisuje funkce řídicí jednotky a sběrnice v automobilu.

V praktické části se seznamujeme s problémem u systémů pro bezpečné opuštění vozu. Dále se zabývá snímači a jejich chybami. Popisuje se vytvoření programu v softwaru CANalyzer a jeho připojení k automobilu. Na závěr praktické části je navrženo osobní řešení a nastíněné některé další možnosti řešení. Součástí práce jsou obrázky a tabulky, které byly vytvořeny.

Přestože nebyla vytvořena automatická simulace aktivace EPB i s chybnými snímači, tak pro firmu Škoda Auto bylo hlavním přínosem zanalyzování této problematiky. Zároveň tato bakalářská práce slouží jako základ pro případné další práce zabývající se stejnou, či podobnou problematikou.

Bibliografie

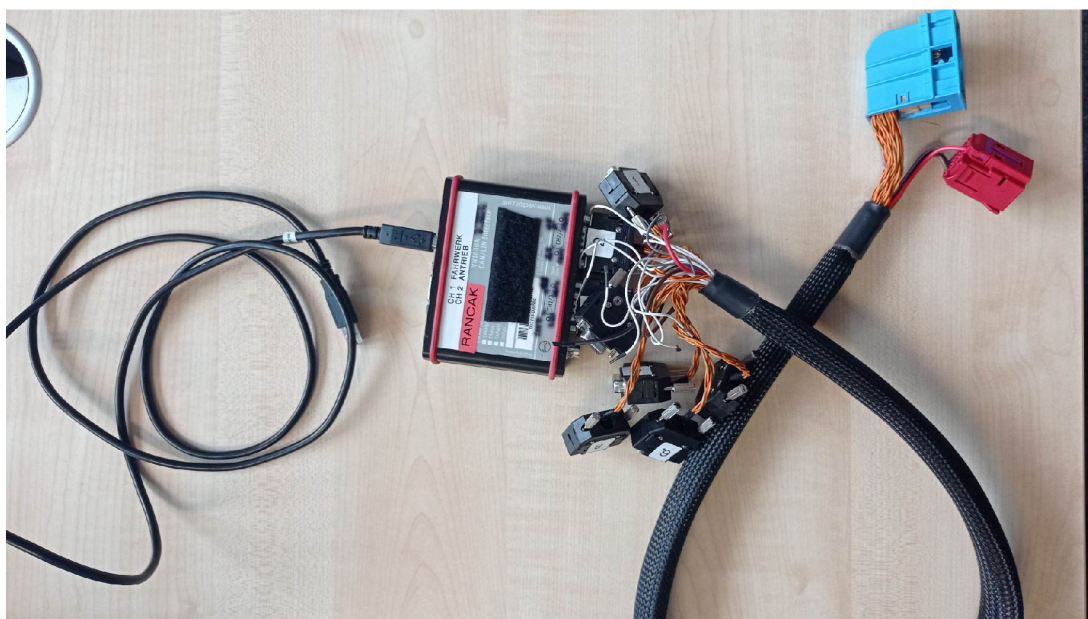
- [1] *Pasivní prvky bezpečnosti* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti>.
- [2] CUMMINS, Justin S et al. Do seat belts and air bags reduce mortality and injury severity after car accidents. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2011, roč. 40, č. 3, E26–E29.
- [3] *Jaké materiály se používají při výrobě karosérií* [online]. 2022-05-26. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://avtotachki.com/cs/tehnicheskaya-stat-ya-kakie-materialy-ispol-zuyutsya-v-proizvodstve-kuzovov/>.
- [4] *Karoserie* [online]. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>.
- [5] *Windshield* - *Wikipedia* [online]. 2022-12-09. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Windshield>.
- [6] VLK, František. *Elektronické systémy motorových vozidel*. 2. vyd. Brno, 2002. ISBN 80-238-7282-6.
- [7] *Collision avoidance system* - *Wikipedia* [online]. 2023-01-03. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Collision_avoidance_system.
- [8] *Adaptive cruise control* - *Wikipedia* [online]. 2022-12-30. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_cruise_control.
- [9] *Lane Assist* - *autolexicon.net* [online]. [cit. 2023-01-06]. ISSN 1804-2554. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/>.
- [10] SAINI, Vandna a Rekha SAINI. Driver drowsiness detection system and techniques: a review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*. 2014, roč. 5, č. 3, s. 4245–4249.
- [11] *Osvětlení vozidel, § 32 - Zákon o silničním provozu č. 361/2000 Sb.* [online]. 2022-08-01. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zakony/361-2000-zakon-o-silnicnim-provozu/paragraf-32/>.
- [12] AL-SUBHI, Basma et al. Smart vehicle headlights control system. In: *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC, 2019, sv. 2137, s. 030001. Č. 1.
- [13] CHOKSEY, Jessica Shea. *What is a Safe Exit System* [online]. 2022-06-22. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-safe-exit-assist>.

- [14] *Euro NCAP / The Ratings Explained* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/>.
- [15] *Euro NCAP - Wikipedia* [online]. 2022-12-27. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP.
- [16] *ISO 26262 - bezpečnosti vozidel - DNV* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.dnv.cz/assurance/automotive/iso-26262-bezpecnosti-vozidel.html>.
- [17] *ISO 26262 - Wikipedia* [online]. 2022-06-19. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_26262.
- [18] *Automotive Safety Integrity Level - Wikipedia* [online]. 2023-01-04. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_Safety_Integrity_Level.
- [19] SCHMEKEN, Holger. *Kybernetická bezpečnost v automobilovém průmyslu: Nové povinné předpisy* [online]. 2022-12-06. [cit. 2023-05-09]. Dostupné z: <https://www.dqsglobal.com/cs-cz/vzdelavani/blog/kyberneticka-bezpecnost-v-automobilovem-prumyslu-nove-povinne-predpisy>.
- [20] STRAKA, Jan a Jana PELEŠKOVÁ. *Statistika nehodovosti* [online]. Praha, 2021-01-08 [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/soubor/informace-o-nehodovosti-prosinec-2022-pdf.aspx>.
- [21] *Self-driving car - Wikipedia* [online]. 2023-01-06. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car.
- [22] *Electronic control unit - Wikipedia* [online]. 2022-12-08. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_control_unit.
- [23] *CAN bus - Wikipedia* [online]. 2023-01-02. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus.
- [24] SUTORÝ, Tomáš. *LIN (Local Interconnect Network)* [online]. 2004-03-10. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/04012/index.html>.
- [25] ŠIMUNEK, Michal. *K čemu slouží parkovací brzda, a kolik má druhů? Jenom k parkování to není* [online]. 2018-10-23. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://www.autozive.cz/parkovaci-brzda-druhy-vyuziti/>.
- [26] *Remote keyless system - Wikipedia* [online]. 2022-12-28. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_keyless_system.
- [27] ŠÍPEK, Martin. *Vlastnosti bezpečnostních pásů v automobilech po dopravní nehodě*. 2016. Dipl. pr. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.
- [28] *Vehicle Air Bags and Injury Prevention / NHTSA* [online]. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/equipment/air-bags>.
- [29] BRIGHT, Paul. *How Do Car Door Sensor Work? / It Still Runs* [online]. [cit. 2023-01-06]. Dostupné z: <https://itstillruns.com/car-door-sensors-work-4604095.html>.

- [30] *Tenzometr - Wikipedie* [online]. 2022-01-29. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Tenzometr>.
- [31] VOJÁČEK, Antonín. *Bezkontaktní kapacitní snímače přiblížení - obecný popis* [online]. 2014-11-27. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/komponenty-mereni-a-regulace/bezkontaktni-kapacitni-senzory-priblizeni-obecny-popis.html>.
- [32] BORGHI, Guido et al. Hands on the wheel: a dataset for driver hand detection and tracking. In: *2018 13th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition (FG 2018)*. IEEE, 2018, s. 564–570.
- [33] *Parking sensor - Wikipedia* [online]. 2022-04-12. [cit. 2023-01-05]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Parking_sensor.
- [34] SPEEDKAR99. *How an Airbag Sensor Works - Youtube* [online]. 2015-06-15. [cit. 2022-12-22]. Dostupné z: <https://youtu.be/mWSlwhYyOhI>.
- [35] *Enyaq iV návod k obsluze* [online]. 2022-08-29. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: https://digital-manual.skoda-auto.com/w/cs_CZ/show/da52a854503e5bbfac14452501a38aa6_5_cs_CZ?ct=da52a854503e5bbfac14452501a38aa6_5_cs_CZ#titled1635278e91558.

A Přílohy

A.1 Hardware VN1630A



A.2 Kompletní prvotní tabulka A

Bezpečné opuštění vozu						
Převodovka	Rychlost [km/h]	Snímače + pořadí			Použití brzdového pedálu	Výsledek
		Odepnutí pásu	Otevření dveří	Výstup ze sedadla		
D, B, N, R	2	1.	2.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	1.	2.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	1.	2.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	1.	2.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	1.	2.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	1.	3.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	1.	3.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	1.	3.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	1.	3.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	1.	3.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	2.	1.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	2.	1.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	2.	1.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	2.	1.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	2.	1.	3.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	2.	3.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	2.	3.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	2.	3.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	2.	3.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	2.	3.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	3.	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	3.	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	3.	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	3.	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	3.	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	3.	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	3.	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	3.	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	3.	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	3.	2.	1.	Ne / Ano	

A.3 Kompletní prvotní tabulka B

Nesprávná funkce snímače bezpečnostního pásu						
D, B, N, R	2	-	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	-	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	-	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	-	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	-	1.	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	-	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	-	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	-	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	-	2.	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	-	2.	1.	Ne / Ano	
Nesprávná funkce senzoru dveří						
D, B, N, R	2	1.	-	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	1.	-	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	1.	-	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	1.	-	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	1.	-	2.	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	2.	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	2.	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	2.	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	2.	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	2.	-	1.	Ne / Ano	
Nesprávná funkce senzoru sedadla						
D, B, N, R	2	1.	2.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	1.	2.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	1.	2.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	1.	2.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	1.	2.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	2	2.	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	2.	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	2.	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	2.	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	2.	1.	-	Ne / Ano	

Nesprávná funkce snímače bezpečnostního pásu a senzoru dveří						
D, B, N, R	2	-	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	-	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	-	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	-	-	1.	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	-	-	1.	Ne / Ano	
Nesprávná funkce snímače bezpečnostního pásu a senzoru sedadla						
D, B, N, R	2	-	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	-	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	-	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	-	1.	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	-	1.	-	Ne / Ano	
Nesprávná funkce senzoru sedadla a senzoru dveří						
D, B, N, R	2	1.	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	1.	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	1.	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	1.	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	1.	-	-	Ne / Ano	
Nesprávná funkce snímače bezpečnostního pásu, senzoru dveří a senzoru sedadla						
D, B, N, R	2	-	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	3	-	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	4	-	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	5	-	-	-	Ne / Ano	
D, B, N, R	6	-	-	-	Ne / Ano	