

Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta Elektrotechniky a Informačných Technológií
Katedra mechatroniky a elektroniky

28260620201109

Car-e-Baby zariadenie pre zabránenie zabudnutia detí v aute

2020

František Kremnický

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMAČNÝCH
TECHNOLÓGIÍ
KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Car-e-Baby zariadenie pre zabránenie zabudnutia detí v aute

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Autotronika
Študijný odbor: 5.2.9 Elektrotechnika
Školiace pracovisko: Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta Elektrotechniky a Informačných
Technológií, Katedra mechatroniky a elektroniky
Školiteľ: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.
Konzultant:

2020

František Kremnický



KATEDRA MECHATRONIKY A ELEKTRONIKY

Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina
tel.: 041/5131601 fax:041/5131524 e-mail: kme@fel.uniza.sk



ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Meno: **František KREMnický**

Študijný program: Autotronika

Názov bakalárskej práce:

Car-e-Baby zariadenie pre zabránenie zabudnutia detí v aute

Pokyny pre vypracovanie bakalárskej práce:

1. Opis aktuálneho stavu problematiky na základe rešerše literatúry
2. Vypracovanie systémovej analýzy pre vývoj vnoreného zariadenia s využitím diagramov v jazyku UML
3. Vypracovanie softvérovej analýzy vnoreného zariadenia s využitím UML diagramu typu stavový stroj
4. Návrh a realizácia simulácií UML diagramov pomocou vybraného softvérového nástroja

Predpokladaný rozsah práce - počet strán textu: max. 40

počet strán grafických príloh: max. 10

Školiteľ bakalárskej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.

Konzultant bakalárskej práce :

Dátum zadania bakalárskej práce: **31. 10. 2019**

Dátum odovzdania bakalárskej práce: **12. 5. 2020**


doc. Ing. Michal Frivaldský, PhD.
vedúci katedry

Abstrakt

Bakalárska práca sa venuje popisom systémov zabraňujúcich zabudnutie detí vo vozidlách. Cieľom práce je popísať aktuálny stav tejto problematiky na základe rešerše odbornej literatúry a vypracovať tak systémovú analýzu návrhu funkčných a nefunkčných požiadaviek pre vnorený systém. Práca si nevytýčila za cieľ vyvinúť nové externé zariadenie ako sú spomínané, navrhnuté jednotlivé systémy. Ide o využitie prezenčných systémov používaných v autách pre veľmi komplexný systém zabraňujúci zabudnutiu dieťaťa v aute. Práca pozostáva aj zo simulácií pre stavový stroj, ktoré boli získané pomocou softvérového nástroja IAR Visual State.

Kľúčové slová: UML, Diagram, Vnorené systémy, IAR Systems, Model, Stavový stroj

Abstract

The bachelor thesis deals with the description of systems that prevent forgetting children in the vehicles. The aim of the thesis is to describe the current state of this issue on the basis of a retrieval of the professional literature and to work out the system analysis of the design of functional and non-functional requirements for the embedded system. The thesis did not set as a goal to develop a new external device as already mentioned designed individual systems. It is about the utilization of presentation systems used in the cars for very comprehensive system that prevents forgetting the child in the car. The thesis consists also of the simulations for a state machine, which were obtained by the help of the software tool IAR Visual State.

Key words: UML, Diagram, Embedded systems , IAR Systems, Model, State machine

ANOTAČNÝ ZÁZNAM – BAKALÁRSKA PRÁCA

Meno a priezvisko: František Kremnický **Akademický rok:** 2019/2020

Názov práce: Car-e-Baby zariadenie pre zabránenie zabudnutia detí v aute

Počet strán: 40 **Počet obrázkov:** 21 **Počet tabuliek:** 3
Počet grafov: 0 **Počet príloh:** 7 **Počet použ. lit.:** 57

Anotácia v slovenskom jazyku:

Táto bakalárska práca sa zaoberá problematikou zabudnutia dieťaťa v aute. V práci je obsiahnutý aktuálny stav tejto problematiky. Ďalšia časť obsahuje návrh požiadaviek na systém a model UML diagramov typu stavový stroj pre systém.

Anotácia v anglickom jazyku:

This bachelor thesis deals with the issue of forgetting the child in the car. The thesis contains the current state of this issue. The next part contains a proposal of the requirements for the system and a model of UML diagrams of the type state machine for the system.

Kľúčové slová:

UML, Diagram, Embedded, IAR Visual State, Model, Stavový stroj

Vedúci diplomovej práce: doc. RNDr. Juraj Pančík, CSc.

Konzultant:

Recenzent: _____

Dátum odovzdania práce: 12. 5. 2020

Obsah

Abstrakt	I
Úvod	1
1 Vymedzenie pojmov v predmetnej oblasti	2
1.1 Problematika zabudnutých detí v autách	4
1.1.1 Prezenčné systémy v aute	8
1.1.2 Vybrané riešenia prezenčných systémov v aute	9
1.1.3 Vybrané riešenia pre detekciu zabudnutých detí v autách.....	12
1.1.3.1 Riešenie s radarom.....	13
1.1.3.2 Detekcia tlaku v autosedačke.....	14
1.1.3.3 Snímač vydýchaného vzduchu - CO ₂	15
1.2 Vnorené (embedded) systémy	16
1.2.1 Architektúry vnorených systémov v automobiloch	17
1.2.2 Životný cyklus vývoja systémov a softvéru v automobiloch	20
1.2.3 Požiadavkový manažment	22
1.3 Jazyk UML	24
2 Systémová analýza zariadenia Car-e-Baby	26
2.1 Systémová analýza pre vývoj vnoreného zariadenia	26
2.1.1 Analýza systému s CO ₂ snímačom	26
2.1.2 Analýza systému s tlakovým snímačom	28
2.1.3 Bloková schéma prezenčného systému v aute	29
2.1.4 Požiadavky na zariadenie Car-e-baby.....	31
2.2 Softvérová analýza vnoreného zariadenia s využitím UML diagramu typu stavový stroj	32
3 Realizácia simulácií UML diagramov typu stavový stroj:	33
3.1 Popis SW Visual State modeler	33
3.2 Modely systémov s CO ₂ snímačom a tlakovým snímačom.....	33

Záver	34
Zoznam použitej literatúry	35
Zoznam príloh.....	41
Príloha A: Prehľad rozsahu ISO 26262	41
Príloha B: Tabuľka úmrtia detí zabudnutých v aute v roku 2019 v USA	41
Príloha C: Generácie architektúr riadiacich systémov automobilov	41
Príloha D: Model klimatizácie pomocou stavového stroja v IAR Visual State	41
Príloha E: Model stavového stroja pre systém s CO ₂ snímačom.....	41
Príloha F: Bloková schéma systému Car-e-Baby	41
Príloha G: Bakalárska práca (CD)	41

Zoznam obrázkov

Obr. 1-1 GAP analýza ukazujúca skutočnú a žiadanú pozíciu výsledku Zdroj: upravené podľa https://www.process.st/gap-analysis/	3
Obr. 1-2 Rýchlosť nárastu vnútornej teploty v aute keď sú zatvorené a otvorené okná Zdroj: Prevzaté z (MCLAREN, a iní, 2005).....	4
Obr. 1-3 Počet úmrtí zabudnutých dedí v aute v USA Zdroj: Prevzaté z(NULL, 2018) .	6
Obr. 1-4 Systém na zabránenie zabudnutia detí v aute V-Baby Alert Zdroj: prevzaté z (VODAFONE, 2019).....	7
Obr. 1-5 Snímač detekcie cestujúcich TIDEP-01001 Texas Instruments Zdroj: Prevzaté z (TEXAS INSTRUMENTS, 2018)	9
Obr. 1-6 Systém v automobile Mercedes Benz zabezpečujúci ochranu vodiča pred mikrosnávkou Zdroj: Prevzaté z(MERCEDES BENZ, 2018)	12
Obr. 1-7 Algoritmus na detekciu obsadenia sedadiel Zdroj: Upravené podľa https://arxiv.org/pdf/1908.04417.pdf	14
Obr.1-8 Zariadenie ChildMinden na detekciu tlaku v autosedačke Zdroj: Prevzaté z (COXWORTH, 2012).....	15
Obr. 1-9 Zariadenie Payton's Charm na detekciu snímania tepoty a oxidu uhličitého vo vnútri auta Zdroj: Prevzaté z (COXWORTH, 2018).....	16
Obr. 1-10 Blokovaná schéma jednoduchých vnorených (Embedded) systémov Zdroj: Upravené podľa https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_overview.htm	18
Obr. 1-11 Náčrt vozidiel zobrazujúcich rôzne druhy snímačov, kamier a radarov v úrovniach automatizovanej jazdy, ktoré budú slúžiť k zabezpečeniu autonómnej jazdy vozidla Zdroj: Prevzaté z (BURKACKY, a iní, 2019)	20
Obr. 1-12 Typická blokovaná schéma V modeli Zdroj: Prevzaté z (SMITH, a iní, 2016)	22
Obr. 1-13 Vzťahy medzi rôznymi typmi požiadaviek Zdroj: Prevzaté z (WIEGERS, 2008)	23
Obr. 1-14 Identifikácia a dokumentácia požiadaviek Zdroj: Prevzaté z (ARLOW, a iní, 2008)	24
Obr. 1-15 Hierarchia UML diagramu Zdroj: Prevzaté z (TEILANS, a iní, 2014)	24
Obrázok 2-1 Blokovaná schéma systému Payton's Charm s použitím snímania oxidu uhličitého v aute Zdroj: Upravené podľa (COXWORTH, 2018)	27
Obr. 2-2 Vývojový diagram systému Payton's Charm na zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute pomocou CO ₂ snímača Zdroj: Upravené podľa (CLARK, 2018).....	27

Obr. 2-3 Bloková schéma systému ChildMinder pre zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute s tlakovým snímačom v autosedačke Zdroj: Upravené podľa (SHAMAH, 2013)	28
Obr. 2-4 Vývojový diagram systému ChildMinder z tlakovým snímačom Zdroj: Upravené podľa (SHAMAH, 2013)	29
Obr. 2-5 Znázornené domény a ich vzájomná súvislosť v prezenčnom systéme, kde sa doména chápe ako funkčný prvok automobilu Zdroj: Vlastné	30
Obr. 3-1 Model systému s tlakovým snímačom Zdroj: Vlastné	33

Zoznam tabuliek

Tab. 1-1 Okolnosti úmrtí detí v aute od roku 1998 - 2019 Zdroj: Prevzaté z (NULL, 2018)	5
Tab. 2-1 Zoznam funkčných požiadaviek na systém zabránenia zabudnutia dieťaťa v aute Car-e-Baby Zdroj: Vlastné	31
Tab. 2-2 Zoznam nefunkčných požiadaviek pre systém Car-e-Baby Zdroj: Vlastné	32

Zoznam skratiek a symbolov:

ASIL	Úroveň integrity automobilovej bezpečnosti
ASR	Protišmyková regulácia kolies
ABS	Protiblokovací systém brzd
GAP	Diferenčná analýzu
GPS	Globálny lokalizačný systém
FMCW	Frekvenčne modulovaný radar so stálou vlnou
2D	Dvojrozmerný priestor
3D	Trojrozmerný priestor
CO ₂	Oxid uhličitý
CPU	Centrálne procesorová jednotka
ROM	Pamäť na čítanie nezávislá na napätí
EEPROM	Elektricky vymazateľná a programovateľná pamäť
C	Štandardný programovací jazyk
C++	Objektovo orientovaný programovací jazyk
ECU	Riadiaca jednotka motora
GHz	Jednotka frekvencie gigahertz [Hz]
IEEE	Inštitút elektrických a elektronických inžinierov
Hz	Frekvencia [Hz]
Kg	Hmotnosť [Kg]
°C	Teplota [°C]
ISO	Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
DCU	Riadiaca jednotka domény
MDC	Radič viacerých domén
LIDAR	Detekcia a nastavenie svetla
CASE	Počítačovo podporované softvérové inžinierstvo
UML	Zjednotený modelovací jazyk
IOT	Internet vecí
m	Meter
s	Sekunda
IR	Infračervené žiarenie
LINUX	Operačný systém
SW	Softvér
cm	Centimeter
CAN	Komunikačný protokol
LIN	Lokálne prepojená sieť
FlexRay	Komunikačný protokol automobilovej siete
MOST	Sieť na prenos multimediálnych dát
km/h	Kilometer za hodinu

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu práce doc. RNDr. Jurajovi Pančíkovi, CSc. za cenné rady, povzbudenie a usmernenie pri písaní bakalárskej práce. Taktiež vďaka patrí mojej rodine za povzbudenie a podporu.

ČESTNÉ VYHLÁSENIE

Čestne prehlasujem, že som zadanú bakalársku prácu vypracoval samostatne, pod odborným vedením vedúceho bakalárskej práce doc. RNDr. Juraja Pančíka, CSc. a používal som len zdroje uvedené v zozname použitej literatúry.

Súhlasím so zapožičiavaním bakalárskej práce.

Žilina 1. 6. 2020

.....
Podpis

Úvod

V súčasnej dobe veľkého nárastu automobilizmu a vyvíjaním systémov k autonómnej jazde vozidiel je potrebné sa zamyslieť aj nad problémom zabudnutých detí vo vozidlách. Tento problém sa zatiaľ rieši iba čiastočne, nejde však o komplexné riešenie. Narastajúca úmrtnosť detí na prehriatie v autách hovorí „jasnou rečou“ – je nevyhnutné zaoberať sa týmto problémom. Existuje niekoľko zariadení, ktoré sa nainštalujú do detskej autosedačky, a tak vyhodnotia jej obsadenosť. Tieto systémy sa však veľmi neujali na trhu. Avšak spoločnosť Texas Instruments vyvinula nový systém mmWave na snímanie detí a celého priestoru auta radarovou technológiou. Tento systém dokáže dokonca zistiť aj zdravotné problémy vodiča. Touto problematikou sa zaoberá aj táto bakalárska práca, ktorá je koncipovaná s akcentom na systém Car-e-Baby.

Prvá kapitola zahŕňa prvý čiastkový cieľ práce, ktorý sa zaoberá vymedzením pojmov k problematike zabudnutých detí v automobiloch. Ide o rešerš literatúry a zhrnutie dôsledkov úmrtí zabudnutých detí vo vozidlách s popisom už existujúcich systémov a celkovo prezenčných systémov v autách. V ďalších podkapitolách je popísanie vnorených systémov v autách a vývoj životného cyklu modelovania a tvorenia požiadaviek pre vnorené „embedded systémy“.

Druhá kapitola sa zaoberá systémovou analýzou pre Car-e-Baby. Ponúka popis už existujúcich systémov Payton's Charm a ChildMinden. Pre tieto systémy sú vytvorené blokové schémy a vývojové diagramy. Následne je popísaná funkčnosť systémov a ich nedostatky. V tretej podkapitole je znázornená doménová schéma prezenčných systémov automobilov, ktorá ale nemá za úlohu chrániť dieťa pred jeho zabudnutím v aute. V štvrtej časti podkapitoly sú zhrnuté funkčné a nefunkčné požiadavky na systém Car-e-Baby, ktoré sú zapísané v tabuľkách. Posledná časť tejto kapitoly obsahuje popis princípu funkčnosti stavového stroja ako takého pre vývoj vnoreného zariadenia. Táto časť obsahuje druhý a tretí čiastkový cieľ práce, ktoré boli zadané ako pokyny k vypracovaniu tejto práce.

Tretia kapitola obsahuje popis softvérového nástroja a návrh UML diagramov typu stavový stroj pomocou softvéru IAR Visual State.

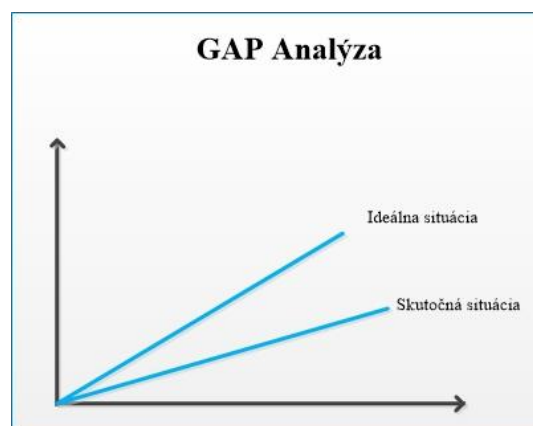
1 Vymedzenie pojmov v predmetnej oblasti

K návrhu a vyvíjaniu systémov a zariadení je potrebné vymedziť základne charakteristiky systému, správanie a vlastnosti. Pred vývojom je potrebné zadefinovať požiadavky, aby bol systém stabilný a plnil funkcie a správne vyhodnocoval podnety a odolával nežiaducim vplyvom, a tak dokázal zachytiť podnety na zmenu stavu a správne vyhodnotiť výsledok a docieľiť zmenu akčnej veličiny. V automobilovom priemysle sa zaviedla norma ISO26262 (Road Vehicles – Functional Safety, Medzinárodná organizácia pre normalizáciu), ktorá zabezpečuje, že výrobcovia komponentov a sofistikovaných systémov musia dodávať výrobky, ktoré majú vyššiu úroveň stability a bezpečnosti. Táto norma je štandard, ktorá definuje požiadavky a poskytuje usmernenia, aby sa dosiahla funkčná bezpečnosť v systémoch inštalovaných v cestných vozidlách. Výsledkom implementácie normy do celého životného cyklu zariadenia od vývoja návrhu, dizajnu až po samotnú výrobu, montáž a prevádzku sa zabezpečuje eliminácia výskytu nežiadúcich situácií, ktoré môžu mať tragické následky, za ktoré je zodpovedný výrobca automobilu. Hlavným prvkom pre zabezpečenie funkčnej bezpečnosti je prípad, keď dôjde k zlyhaniu nejakého komponentu – toto zlyhanie nesmie byť hrozbou pre ľudí v aute alebo v jeho okolí. (ISO 26262, 2011)

Nesprávna funkcia musí byť oznámená vodičovi, aby mal kontrolu nad vozidlom. Identifikácia rizík je potrebná, aby sa klasifikovali úrovne bezpečnosti podľa stupňa ASIL pre daný prvok zariadenia. Pre väčšiu hrozbu rizika musí komponent podliehať vyššej úrovni ASIL. Najnižší stupeň sa označuje A, pretože má najmenší vplyv na ľudské zdravie a preto vyžaduje menšie úsilie na zmiernenie rizika. Do tejto skupiny patrí napr. autorádio, ktoré keď zlyhá, nemá žiadny vplyv na ohrozenie života. Komponenty, ktoré môžu svojim zlyhaním ohroziť život, sa musia klasifikovať najvyšším stupňom bezpečnosti a to je stupeň D. Patria sem napr. systémy proti zablokovaniu kolesa ABS, alebo systém zabráňujúci preklzavaniu kolesa ASR a ďalšie. Pri tejto klasifikácii je potrebné urobiť výrazné opatrenia na bezpečnosť a stabilitu systému. (EMBITEL, 2018)

Norma ISO 26262 môže byť použitá na hardvérové komponenty, softvérové komponenty alebo kombináciu hardvéru s bežiacim softvérom. V prílohe

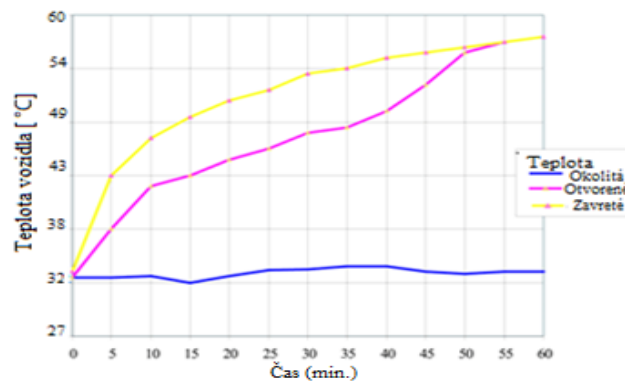
A je zobrazený celový prehľad rozsahu normy ISO 26262. V praxi sa definujú požiadavky najmä v týchto oblastiach: manažment, fáza návrhu, dizajnu, výroba, prevádzka a podpora. Kombinácia hardvérovej aj softvérovej časti sa môže využiť pri systéme na detekciu obsadenia sedadiel v automobile a tak predísť zabudnutia dieťaťa v aute. Komponenty podliehajúce tejto norme sa podrobia skúškam či spĺňajú hodnoty, vlastnosti a tolerancie stanovené normou. Po testovaní komponentu sa vystaví danému zariadeniu certifikát funkčnej bezpečnosti, čo je dôležitým dokladom pre zákazníka. Dôležitým faktorom v procese zabezpečenia bezpečnosti je GAP analýza. Je to proces, ktorý porovnáva skutočný výkon alebo výsledky s tým, čo sa očakávalo alebo žiadalo. Táto metóda poskytuje spôsob identifikácie suboptimálnych alebo chýbajúcich stratégií, štruktúr, schopností, procesov, postupov, technológií alebo zručností a potom odporúča kroky, ktoré spoločnosti pomôžu dosiahnuť jej ciele. Analýzu medzier je možné využiť aj na zvýšenie výkonnosti, aj keď neexistujú zjavné nedostatky a problémy. Na rozdiel od posudzovania budúcich trendov sa analýza zameriava na súčasnosť. Pomocou tejto analýzy môžeme posudzovať koncepty a návrhy zariadení či už softvérovej alebo hardvérovej oblasti. Použitím viacerých techník dokážeme znižovať náklady na vývoj, skrátiť čas a zjednodušiť overovanie bezpečnostných požiadaviek. Pri hodnotení hardvéru sa sledujú prvky na jednotnom modeli založenom na UML diagramoch, ktoré podporujú proces navrhovania a pomáhajú vykonávať hodnotenie bezpečnosti. Výsledkom GAP analýzy je graf, ktorý ukazuje ideálnu situáciu daného komponentu alebo skúmanej veci a aktuálnu situáciu. (BALL, 2018)



Obr. 1-1 GAP analýza ukazujúca skutočnú a žiadajúcu pozíciu výsledku Zdroj: upravené podľa <https://www.process.st/gap-analysis/>

1.1 Problematika zabudnutých detí v autách

V tejto časti kapitoly budeme riešiť prvý čiastkový cieľ práce, ktorý sa zaoberá aktuálnym stavom problematiky zabudnutých detí v aute a rešeršou literatúry. Každý rok zomrú deti bez dozoru vplyvom vysokej teploty v automobile. V roku 2003 to bolo 42 prípadov, čo je nárast oproti celoštátnemu priemeru 29 za posledných 5 rokov. Analýza zabudnutých detí v aute bola robená v USA, kde chceli spraviť štatistiku od roku 1998 do roku 2019. Výsledky ukázali, že každým rokom sa počet zväčšoval, aj keď technológie v automobile boli sofistikované a dokázali zabezpečiť väčší komfort a bezpečnosť cestujúcich. V roku 2018 bolo zaznamenaných až 53 úmrtí na prehriatie. (WILLINGHAM, 2018)



Obr. 1-2 Rýchlosť nárastu vnútornej teploty v aute keď sú zatvorené a otvorené okná Zdroj: Prevzaté z (MCLAREN, a iní, 2005)

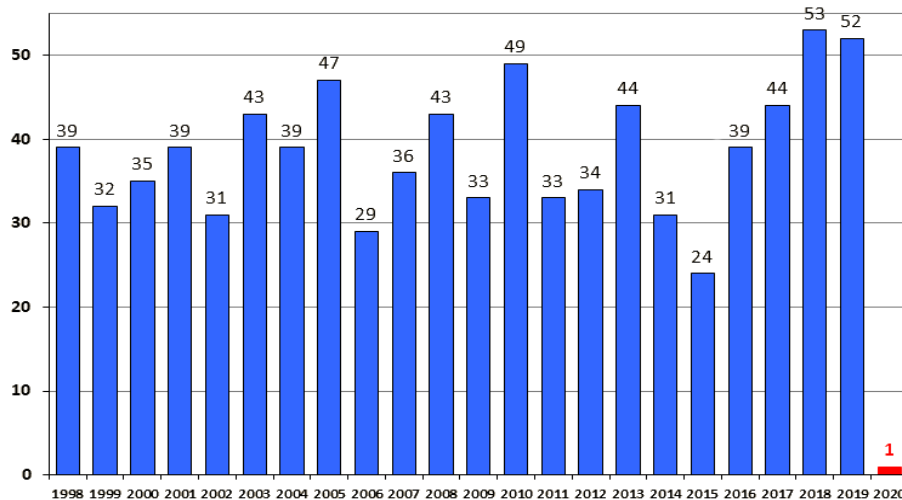
Štúdie sa zaoberali meraním, aby zistili ako rýchlo narastá teplota vnútri automobilu. Analýza bola vyhodnotená z hľadiska rozdielov: rýchlosť nárastu teploty a konečných uzavretých teplôt pre meniace sa teploty okolia. Ďalej bola použitá analýza, kde sa merala maximálna teplota pri zatvorených a otvorených oknách automobilu. Na meranie bolo použité vozidlo značky Honda Accord z roku výroby 2000, tmavomodrej farby zo stredne šedým interiérom a bez tónovaných skiel. Teplota sa pohybovala v rozmedzí 22 °C až 36 °C. Vozidlo bolo zaparkované na plnom slnku, orientované 45 stupňov na slnečné lúče, aby sa minimalizovalo priame slnečné svetlo cez čelné sklo. Vnútorná teplota vozidla bola meraná kontinuálne po dobu jednej hodiny. Teplota bola zaznamenávaná každých 5 min po dobu jednej hodiny. Merania boli urobené s uzavretými oknami v 16-tich rôznych dňoch. Potom sa dvere otvorili, aby sa vozidlo vrátilo na izbovú teplotu a mohlo sa uskutočniť ďalšie meranie

s pootvorenými oknami 4 cm. To zabezpečilo, aby nedošlo k významnej zmene teploty okolia. Okolitá teplota bola zaznamenávaná nepretržite. Vo vozidle boli použité bezdrôtové snímače 38 cm nad sedadlom v tieni a nie na priamom kontakte s akoukoľvek časťou automobilu. Bez ohľadu na okolitú teplotu je rýchlosť zvýšenia vnútornej teploty vozidla podobná. Najväčší nárast teploty nastal počas prvých 30 min. Účinok klimatizácie vozidla pred meraním bol zanedbateľný. Na úvod meraní dosahovalo okolité prostredie teploty do 5 min od vypnutia klimatizácie. Potom sa zahrievalo podobnou rýchlosťou ako v prípade iných neklimatizovaných vozidiel. Maximálna vnútorná teplota bola dosiahnutá pri 60 min expozície. Zistilo sa, že konečná teplota vozidla bola závislá na počiatočnú teplotu okolia. Ukázalo sa za slnečných dní, aj keď okolitá teplota je mierna alebo pomerne chladná, dochádza k rýchlemu a výraznému zahrievaniu interiéru vozidiel. V dňoch, keď bola teplota okolia 22 °C, vnútorná teplota vozidla dosiahla 47 °C za 60 min s 80 % nárastom teploty, ku ktorému došlo pri prvých 30 min. Presný vplyv týchto teplôt na dieťa je neznámy, ale vieme, že je zničujúci. Tepelné ochorenie najmiernejšia forma je tepelný stres, fyzické nepohodlie a fyziologické namáhanie v dôsledku horúceho prostredia. Ďalej je vyčerpanie z tepla, spojené s miernym až stredne ťažkým ochorením s dehydratáciou a zvýšením teploty organizmu od 37 °C do 40 °C. Príznaky vyčerpania z tepla zahŕňajú intenzívny smäd, slabosť, nepohodlie, úzkosť, závraty, mdloby a bolesť hlavy. Nakoniec mŕtvica je život ohrozujúce ochorenie charakterizované zvýšenou teplotou tela nad 40°C, zlyhanie nervového systému vedúcemu ku kŕčom, kóme a smrti. Malé deti a dojčatá sú náchylnejšie na horúčku ako dospelí z niekoľkých dôvodov. Fyziologicky malé deti a dojčatá majú zvýšený pomer plochy povrchu tela k hmotnosti, potom je menej účinná termoregulácia v porovnaní s dospelými. V prílohe B sa nachádza tabuľka úmrtí detí zabudnutých v aute v USA za rok 2019. (MCLAREN, a iní, 2005)

Tab. 1-1 Okolnosti úmrtí detí v aute od roku 1998 - 2019 Zdroj: Prevzaté z (NULL, 2018)

Percentá	Počet detí	Príčina
54,20%	460	Zabudol opatrovateľ
25,20%	214	Získal prístup sám
19,10%	162	Vedome opustený opatrovateľom
1,50%	13	Neznáma príčina

Pediatric Vehicular Heatstroke Deaths



Obr. 1-3 Počet úmrtí zabudnutých detí v aute v USA Zdroj: Prevzaté z (NULL, 2018)

Prípady zabudnutých detí v automobiloch začalo riešiť Taliansko ako prvá krajina v Európe. Talianska vláda vydala zákon, ktorým nariaďuje povinnosť obsahovať výstražný systém v aute, ktorý bude upozorňovať na prítomnosť dieťaťa v autosedačke. Ministerstvo dopravy informovalo vodičov, že pri nákupe poskytnú dotáciu vo výške 30 eur. Vodičovi, ktorého auto nebude mať takéto výstražné zariadenie hrozí pokuta od 81 do 326 eur. Výstražný systém musí byť namontovaný na autosedačkách pre deti mladšie ako štyri roky. Zariadenie musí upozorňovať vodiča vibrujúcimi zvukovými a obrazovými signálmi, ktoré sú detekovateľné zvnútra a zvonka vozidla. Tieto zariadenia môžu byť tiež vybavené systémami na automatické odosielanie správ cez SMS alebo cez aplikáciu WhatsApp, či na aktivovanie telefónneho hovoru. Zákon bol v Taliansku prvýkrát predložený v roku 2018, po tom ako niekoľko detí zomrelo na prehriatie vo vozidle, keď zostali tam zabudnuté. Systém je povinný len pre vozidlá registrované v Taliansku a zahraničných vodičov s bydliskom alebo trvalým zamestnaním v Taliansku. Povinnosť platí aj pre vozidlá z autopožičovní. (BORGOMEIO, 2019)

Telefónna spoločnosť Vodafone vytvorila efektívne zariadenie s názvom V-Baby Alert. Tento systém je určený pre rodiny s deťmi do 4 rokov a je v súlade s platnou legislatívou a kompatibilný so všetkými autosedačkami. Cena zariadenia je 99 eur so 6 mesačnou službou. Následne je poplatok euro za každý mesiac

za telefónny kredit pre zákazníkov Vodafone alebo kreditné karty pre tých, ktorý nie sú zákazníkmi. (MONDOMOBILEWEB, 2019)

Výstražný systém chráni deti a vďaka systému viacerých oznámení okamžite upozorní nakonfigurované kontakty, ak je dieťa samo v aute. Systém pozostáva z inteligentného vankúša pripojeného cez Bluetooth k pripojenému zariadeniu vďaka „V-SIM“ (LA REPUBBLICA, 2019), ktorý je vybavený prijímačom a akcelerometrom, aby bolo možné zistiť, kedy je vozidlo zastavené alebo sa pohybuje. Zariadenie je preto vždy aktívny aj bez prítomnosti smartfónu. Kvôli maximálnej účinnosti v prípade, že hlavný kontakt má telefón vypnutý alebo nie je po ruke, systém viacnásobného varovania automaticky upozorní ďalších päť kontaktov, ktoré boli predtým nakonfigurované pomocou konkrétnej aplikácie. Prevádzka zariadenia je mimoriadne jednoduchá. Ak vozidlo stojí viac ako desať minút a vankúš stále detekuje prítomnosť dieťaťa sediaceho v autosedačke, zariadenie spojené s V-Sim automaticky pošle oznámenie hlavnému kontaktu. Ak by išlo o nepravdivú správu, kontaktovaná osoba môže alarm prerušiť prostredníctvom aplikácie, zatiaľ čo v prípade, že referenčný kontakt nezruší núdzovú situáciu, systém na ochranu pred zabudnutím detí v aute inicializuje hovor. Ak stále nedôjde k odpovedi, zariadenie sa bude naďalej snažiť spojiť s ďalšími piatimi núdzovými kontaktami nakonfigurovanými v aplikácii tak, že im pošle polohu vozidla. Pre každé zariadenie sú tri pokusy o spojenie: dva hovory a SMS. Aktivácia výstrahy je tiež jednoduchá, stačí si stiahnuť aplikáciu V od Vodafone a postupovať podľa pokynov. Na konci aktivácie bude užívateľ vyzvaný, aby si stiahol aplikáciu Tata, ktorá sa používa na dennú správu zariadenia. (LA REPUBBLICA, 2019)



Obr. 1-4 Systém na zabránenie zabudnutia detí v aute V-Baby Alert Zdroj: prevzaté z (VODAFONE, 2019)

1.1.1 Prezenčné systémy v aute

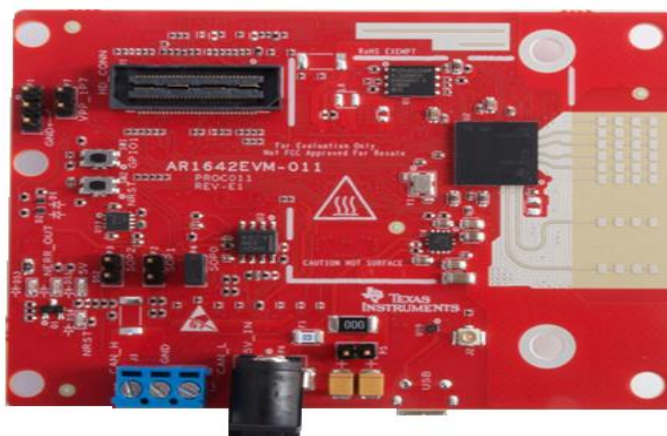
Snímač obsadenia je vnútorné zariadenie na detekciu pohybu a prítomnosti osoby obsadenia sedadla v automobile. Používajú sa snímače rôznych druhoch technológií ako sú infračervené, ultrazvukové, mikrovlnné, tomografické alebo iné. Umiestnenie snímača nie je nikdy dokonalé. Zaznamenávanie informácie o tom, či je sedadlo obsadené alebo nie je veľmi dôležitým faktorom. Pomocou tohto systému detekcie by sa malo zabezpečiť, že pri náraze vystrelia iba tie airbagy, kde je sedadlo v aute obsadené. Ostatné sú týmto systémom deaktivované. Inteligentné snímače zabezpečujú rozpoznanie, či na sedadle spolujazdca sedí dospelý, alebo je tam umiestnená autosedačka. Tento systém eliminuje potrebu vypínania airbagu. (NICOLAS, 2014)

Spoločnosť Delphi zabudovala do vnútra sedadla tlakový snímač a elektronickú riadiacu jednotku. Ak je sedadlo obsadené, tlakový snímač detekuje obsadenie a zaznamená hmotnosť. Riadiaca jednotka spracuje signály zo snímača a pošle informáciu do riadiacej jednotke airbagu, ktorá vyhodnotí stav, či je potrebné zapnúť alebo vypnúť airbag. Systém detekuje aj zapnutie bezpečnostného pásu. Má snímač napnutia bezpečnostného pásu, ktorý dokáže regulovať silu napnutia v prípade detskej autosedačky. Následne je vodičovi na prístrojovej doske vysvietená kontrolka, ktorá signalizuje, či je airbag aktívny alebo neaktívny. Keď palubný počítač má údaje o veľkosti a hmotnosti obsadenia autosedačky, môže použiť dvojstupňové airbagy. Od hmotnosti obsadenia sa používajú pri plnej, čiastočnej alebo nulovej rýchlosti. (GINTER, a iní, 2009)

Nafukovanie airbagu pri plnej rýchlosti môže spôsobiť vážne zranenie alebo zapríčiniť smrť dieťaťu alebo maloletej osobe. Medzi výhody tohto systému patrí menšie riziko pre deti a maloletých. Zároveň, ak sú uložené predmety na sedadle spolujazdca, nedôjde k ich poškodeniu vplyvom vystrelenia airbagu. Pri starších systémoch niekedy dochádzalo ku kolízii kedy snímač nereagoval a nedošlo k vypnutiu alebo zapnutiu airbagu. (GEORGE, 2008)

Technológie nasnímanie a detekciu objektu v automobile menia bezpečnosť a vedia presnejšie určiť, kde sa nachádza osoba vo vnútri vozidla. Pomocou snímania v milimetrových vlnách „mmWave“ (TEXAS INSTRUMENTS, 2018) je možné

presnejšie detekovať osobu aj v náročnejších okolitých podmienkach, ako je jasné svetlo alebo tma. Táto technológia má výhodu, že vlny dokážu prechádzať materiálmi ako sú plast, sadrokartón, oblečenie. Týmto sa umožňuje skryť snímač pod materiály, čo robí tento snímač bezkontaktným a nenápadným. Výhodou oproti ultrazvukovému snímaču je, že ultrazvukový snímač nevie rozoznať osobu a statický objekt a fotoaparát nedokáže detekovať dieťa pri jasnom svetle alebo tme. Jednočipový snímač AWR1642 od spoločnosti Texas Instruments s frekvenciou 77 GHz je schopný zaznamenávať veľmi malé pohyby. Zariadenie má výhodu pred ostatnými v tom, že detekuje osoby v aute a po opustení auta v prípade, že ostane dieťa v aute samé, snímač detekuje osobu a meria vnútornú teplotu a po prekročení dovolenej hodnoty vie vyregulovať teplotu na optimálnych hodnotách. (TEXAS INSTRUMENTS, 2018)



Obr. 1-5 Snímač detekcie cestujúcich TIDEP-01001 Texas Instruments
Zdroj: Prevzaté z (TEXAS INSTRUMENTS, 2018)

1.1.2 Vybrané riešenia prezenčných systémov v aute

Detektory únavy používané v automobiloch slúžia k zníženiu dopravných nehôd v cestnej premávke vplyvom nepozornosti, únavy a mikrosnánky. Únava je teda ukazovateľom východiskového rizika výskytu chýb a nehôd. V poslednom desaťročí došlo v technológii monitorovania únavy k významnému pokroku. Tieto inovatívne technologické riešenia sú teraz komerčne dostupné a ponúkajú skutočne bezpečnostné výhody vodičom, operátorom a iným pracovníkom na zmeny vo všetkých odvetviach. (NXP SEMICONDUCTORS, 2020)

Vývojári softvéru, inžinieri a vedci vyvíjajú softvéry na zisťovanie únavy pomocou rôznych fyziologických podnetov na určenie stavu únavy alebo ospalosti. Meranie mozgovej aktivity je široko akceptované ako štandard pri monitorovaní únavy. Medzi ďalšie technológie používané na určenie poškodenia súvisiaceho s únavou patria merania symptómov správania, ako napríklad: očné správanie, smer pohľadu, mikro korekcie pri používaní riadenia a plynu, ako aj variabilita srdcovej frekvencie. Je veľa metód na detekciu únavy, ktoré používajú rôzne architektúry. Používajú sa kamerové, dvojrozmerné, trojrozmerné, zariadenie využívajúce neurónové siete, snímače na volante. Detekcia ospalosti vodiča je založená na algoritme, ktorý začína zaznamenávať správanie vodiča pri začatí jazdy. Potom rozpoznáva zmeny v priebehu dlhých ciest a tým aj únavu vodiča. (FRANSWORTH, 2019)

Typickými znakmi klesajúcej koncentrácie sú fázy, počas ktorých vodič sotva riadi, v kombinácii s miernymi, ale rýchlymi a prudkými pohybmi volantu, aby udržal vozidlo na ceste. Na základe frekvencie týchto pohybov a ďalších parametrov, napríklad dĺžky cesty, použitia smerových svetiel a denného času, funkcia vypočíta úroveň únavy vodiča. Ak táto úroveň prekročí určitú hodnotu, na prístrojovom paneli bliká ikona, šálka kávy, ktorá upozorní vodičov, že potrebujú odpočinok. Pojem systém detekcie ospalosti vodiča sa vzťahuje na systémy zabudované vo vozidle, ktoré monitorujú správanie vodiča alebo vozidla. Tieto systémy monitorujú výkon vodiča a poskytujú varovania alebo stimulácie, ak sa zdá, že je rušený. Varuje vodičov, keď sú ospalý. (MILES CONTINENTAL, 2017)

Techniky používané na zisťovanie ospalosti vodiča sa dajú všeobecne rozdeliť do troch hlavných kategórií. Prvá kategória zahŕňa metódy založené na biomedicínskych signáloch, ako je mozgová, svalová a kardiovaskulárna aktivita. Tieto metódy zvyčajne vyžadujú elektródy pripojené k telu vodiča, ktoré často spôsobujú nepríjemnosti vodičovi, a nemožno očakávať, že sa stanú komerčne životaschopnými, pokiaľ sa nenájdu spôsoby, ako merať takéto signály tela bez toho, aby sa k telu priamo pripojili elektródy. Druhá kategória obsahuje metódy založené na správaní vodiča, ktoré hodnotia zmeny v bočnej polohe vozidla, v rýchlosti, uhle volantu a iných zaznamenaných signáloch. Výhodou týchto prístupov je to, že signál je zmysluplný a získavanie signálu je pomerne ľahké. To je dôvod, prečo tieto systémy

vstúpili na komerčný trh. Na druhej strane tieto systémy podliehajú niekoľkým obmedzeniam, ako napríklad typ vozidla, skúsenosti vodiča, geometrické charakteristiky, stav cesty atď. Tieto postupy si vyžadujú značné množstvo času na analýzu správania používateľov a preto nepracujú s tzv. mikrosnápkom - keď ospalý vodič zaspáva niekoľko sekúnd na veľmi priamej ceste bez zmeny signálov vozidla. Tretia kategória zahŕňa metódy založené na vizuálnej analýze vodiča pomocou techník spracovania obrazu. (JABBAR, a iní, 2018)

Počítačové videnie môže byť prirodzenou a nenápadnou technikou na sledovanie ospalosti vodiča z obrázkov zhotovených niektorými kamerami umiestnenými pred používateľom. Tieto prístupy sú účinné, pretože výskyt ospalosti sa odráža prostredníctvom vzhľadu tváre vodiča a aktivity hlavy a očí. V literatúre boli pre tento prístup publikované rôzne druhy kamier a analytické algoritmy: metódy založené na viditeľnom spektre; metódy založené na IR kamere a metódy založené na stereo kamere. Komerčné výrobky sú stále obmedzené na niektoré dobre kontrolované prostredia a vyžadujú si náročné kalibračné procesy. Potom ešte existuje dlhá cesta, ako získať robustný komerčný produkt v tejto kategórii. Systémy môžu varovať vodiča iba pred tým, že je ospalý. Vodič je zodpovedný za prestávku a za zabezpečenie dostatočnej prestávky na obnovenie úrovne pozornosti. Systém nemôže posúdiť kvalitu prestávky vodiča. Po prestávke však systém bude naďalej monitorovať jazdné vzorce a pri zistení ospalosti varuje vodiča znova. Očakáva sa, že varovania poskytnú stimuly potrebné na to, aby si vodiči urobili prestávku. (TAUB, 2017)

Mercedes Benz vytvoril inteligentnú technológiu (Attention Assist) ktorá zvyšuje bezpečnosť vozidla ale aj vodiča a cestujúcich. Táto bezpečnostná funkcia je dobrá pri dlhej jazde autom. Zariadenie funguje na princípe, že v prvých minútach jazdy si systém spraví individuálny profil vodiča a jazdného štýlu. Systém potom neustále porovnáva a vyhodnocuje údaje zo snímačov. V prípade že dôjde k zmene štýlu jazdy alebo k nejakým neštandardným stavom, vyšle systém varovný zvukový signál a obrazový kde sa na prístrojovej doske automobilu rozsvieti varovná kontrolka - čas na prestávku. Systém je aktívny od rýchlosti 60 km/h do 200 km/h. (MERCEDES BENZ, 2018)



Obr. 1-6 Systém v automobile Mercedes Benz zabezpečujúci ochranu vodiča pred mikrosnávkou Zdroj: Prevzaté z (MERCEDES BENZ, 2018)

Ďalším systémom na zamedzenie a zlepšenie funkcií v automobile pred nehodou je metóda s integrovanou palubnou kamerou. Kamera sleduje a zaznamenáva pohyb a reakcie vodiča, ktoré systém následne analyzuje a vyhodnocuje očný dráhový systém (Eye Tracker System). Vývoj systémov by mal zabezpečiť menšiu nehodovosť na cestách a včas upozorniť vodiča. Tento systém má tri kamery na sledovanie. Popri sledovaní je zaznamenávaná aj poloha vozidla pomocou GPS, ktorým sa meria rýchlosť a vypočítava zrýchlenie. Nevýhodou je, že tento systém a jeho presnosť nepriaznivo ovplyvňujú vibrácie hlavy vodiča a vozidla. Pre tieto vibrácie sa nedá zostaviť presný matematický model. Dáta z osí XYZ z akcelerometra predstavujú tieto chyby. Pohybujúce sa vozidlo z jednej strany na druhú alebo točiac sa okolo svojej axiálnej osi spôsobuje vibrovanie. Oko vodiča koriguje pohyb hlavy vlastnou frekvenciou, monitorovanie oka s frekvenčným spektrom do 1 Hz, ale náročnejšie sa zaznamenáva frekvencia nad 1 Hz. Pohybovanie oka je spojené s pohybovaním hlavy a je ovplyvňovaný snímačom zrýchlenia v mozgu. (PANČÍK, a iní, 2018)

1.1.3 Vybrané riešenia pre detekciu zabudnutých detí v autách

Problematikou zabudnutých detí v autách sa začali zaoberať ľudia z rôznych smerov. Na tento účel môže byť použitých veľa rôznych technológií, ktoré zamedzia tejto skutočnosti a zabránia zabudnutiu dieťaťa. Medzi už existujúce zariadenia patria tie, ktoré detekujú osobu pomocou radaru, tlakového snímača v autosedačke, ktorý zaznamenáva hmotnosť a podľa toho vyhodnocuje situáciu. Ďalším riešením je použitie snímača oxidu uhličitého, ktorým je možné zistiť či sa nachádza nejaká osoba v aute alebo nie. Existuje ešte veľa ďalších koncepcií, ktoré sú už vyvinuté alebo sú len vo fáze návrhu a vývoja. (PRASAD, a iní, 2015)

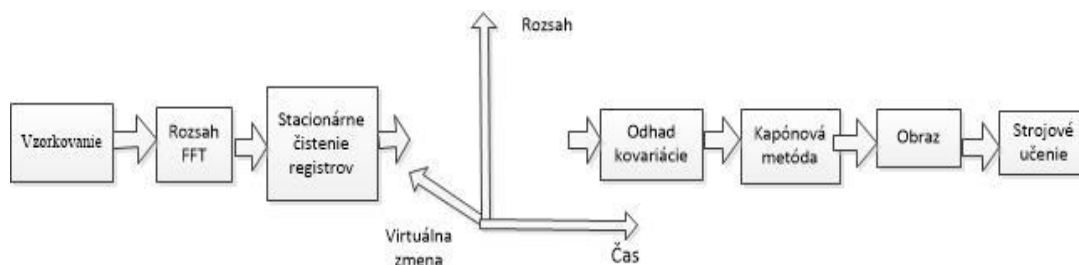
1.1.3.1 Riešenie s radarom

Pri tomto systéme je použité snímanie osoby prítomnej v aute pomocou frekvenčne modulovaných kontinuálnych vln (FMCW). Ide o radarovú detekciu, ktorá má výhodu oproti iným zariadeniam na zabránenie zabudnutia, že dokáže simultánne detekovať objekty a živé bytosti, ktoré sa nachádzajú v aute. Tento spôsob je veľmi populárny pre tieto aplikácie. Medzi ďalšie výhody patrí nízka cena a nízko výkonové moduly, ktoré majú veľké využitie v rôznych iných aplikáciách a IoT (Internet of things). (DENG, a iní, 2019)

Používajú sa pri detekcii životne dôležitých funkcií alebo snímanie odtlačkov prstov a v mnoho ďalších aplikáciách. Definícia snímača rozlíšenia je priestorové oddelenie dvoch cieľov. Princíp funkcie a snímanie objektov pomocou radaru FMCW (Frequency-Modulated Continuous-Wave Radar) platí, že čím je väčšia šírka pásma, tým je väčšie rozlíšenie rozsahu. Uhol dosahu sa zväčšuje tým, čím je viac použitých vysielačov a prijímačov. Týmto sa zariadenie stane drahším a systémovo náročnejším na prevádzku. (ALIZADEH, 2019)

Preto je potrebné skonštruovať zariadenie s presnou detekciou osoby ale zároveň s nízkym rozlíšením radaru, aby boli náklady na výrobu a prevádzku nižšie. Pri sledovaní činnosti osôb pomocou tohto zariadenia boli použité rozmerové mapy získané pomocou 2D filtrovania. V reťazci spracovania signálu je použitá rýchla Fouierová transformácia na prijatú vzorkovaciu frekvenciu. V prípade multiplexovaného radaru FMCW s technológiou zlepšenou pre uhlové rozlíšenie s časovým delením sa postupnosť vzorkovania vysiela v rámci rôznych vysielačích antén. Prijímač prijaté signály zhromažďuje a priraduje ich k virtuálnemu kanálu tak, aby kanály obsahovali prenášané a prijímané signály z jedinečného páru vysielača a prijímača. V etape odstraňovania sa vykonáva mazanie priemeru každého rozsahu zásobníka, aby sa mohol uskutočniť ďalší prevod. Potom nasleduje výpočet variačnej matice vektora virtuálneho kanála pre každý rozsah a pre odhadnutie uhla vstupného spektra a pre každý rozsah sa použije filter s caponovou metódou. Vložením údajov do matice sa skonštruuje mapa azimutu rozsahu a pošle sa do oddielu na vykonanie klasifikácie. Rádiolokátor vyhodnocuje a spracováva signály len s pozitívnym výsledkom. Pre zariadenie FMCW je použitý čip s frekvenciou 77 GHz. V experimente

boli sedadlá od vodiča číslované sprava doľava aj v ostatných radoch sedadiel. Pri skúšaní mohli cestujúci voľne pohybovať rukami, hovoriť medzi sebou a používať telefón. Bolo osem tried, kde sa vyhodnocuje, či je sedadlo obsadené alebo nie. V sedem miestnom aute, kde bol realizovaný experiment, je možnosť obsadenia 128 možnosťami. Radarový čip od spoločnosti Texas Instruments mal 3 vysielачe a 4 prijímače s toho 2 vysielачe boli použité k zostaveniu 8 virtuálnych prijímačov na detekciu azimutu priestorových vzoriek, čo vedie k rozlíšeniu 14 stupňov. Pre správne zaznamenanie viacerých cieľov vo vzdialenosti jeden meter od radaru je potrebné, aby boli objekty vzdialené minimálne 25 cm od seba, aby radar vedel rozlíšiť, že sa jedná o viacero objektov. Inak sú tieto ciele vyhodnotené ako jeden a sú priestorovo korelované. Pomocou päť násobného krížového overenia sa získala presnosť detekcie na 97,8 %. Aj keď bolo použité nízke rozlíšenie, pomocou rôznych definovaných funkcií sa dosiahla dosť veľká presnosť. Ak snímač zistí, že osoba ostala v aute, zabráni sa uzamknutiu vozidla a spustí sa alarm, ktorý upozorní vodiča na hroziace nebezpečenstvo. (ALIZADEH, a iní, 2019)



Obr.1-7 Algoritmus na detekciu obsadenia sedadiel Zdroj: Upravené podľa <https://arxiv.org/pdf/1908.04417.pdf>

1.1.3.2 Detekcia tlaku v autosedačke

K zariadeniam na detekciu a zabezpečenie ochrany pred nebezpečenstvom funguje ďalšie zariadenie s názvom „ChildMinder“ (COXWORTH, 2012), ktoré pomocou tlakového snímača detekuje obsadenie v autosedačke. Systém je zložený z citlivej podložky na tlak, riadiacej elektroniky a bezdrôtovej výstražnej jednotky. Podložka na detekciu tlaku sa umiestni do autosedačky pod vankúš. Systém sa aktivuje, akonáhle je vložené dieťa do autosedačky. Správna funkcia je za predpokladu, že dieťa má najmenej 4 kg. Ak po aktivácii sa vodič vzdialil od vozidla viac ako 4,6 m a tlak vozidla alebo prekročenie dovolenej vzdialenosti. V autosedačke je udržiavaný, zapne

zariadenie alarm, ktorý sa spustí do 6 s od pustenia. Systém sa automaticky deaktivuje, keď sa dieťa zoberie zo sedadla. K funkcii podložky sú potrebné dve batérie AAA, alarm je napájaný ďalšou lítiovou batériou. Cena tohto zariadenia sa predáva za 64,03 eur. (COXWORTH, 2012)



*Obr.1-8 Zariadenie ChildMinden na detekciu tlaku v autosedačke
Zdroj: Prevzaté z (COXWORTH, 2012)*

1.1.3.3 Snímač vydýchaného vzduchu - CO₂

Medzi ďalšie opatrenia proti zabudnutiu dieťaťa v aute vyvinula spoločnosť VI Enterprises so sídlom v Alabame, ktoré funguje na princípe snímania teploty a oxidu uhličitého v aute. Zariadenie s názvom „Payton’s Charm“ (COXWORTH, 2018) bolo navrhnuté tak, aby upozornil vodiča v prípade nebezpečenstva, keď zostane dieťa v aute. Systém je natrvalo zapojený do elektrickej siete automobilu, aby bol stále v pohotovosti. Zariadenie dokáže fungovať aj na vlastnej batérii, s ktorou je možné fungovať mesiac v prevádzke. Vo vnútri je integrovaný akcelerometer, ktorý zisťuje, kedy je vozidlo v pohybe alebo stojí v pokoji. Ak systém zistí, že vozidlo je v pokoji, v tom okamihu začne monitorovať teplotu vzduchu a koncentráciu oxidu uhličitého vo vnútri vozidla. Podľa koncentrácie oxidu uhličitého systém vyhodnotí, či sa v aute nachádza osoba alebo je auto prázdne. Ak je vozidlo obsadené a vnútorná teplota začne nebezpečne narastať, Payton’s Charm pošle správu s upozornením na smartfón užívateľa. V prípade, že užívateľ neodpovie na doručení textových správ o upozornení

na nebezpečenstvo, odošle sa správa na druhé telefónne číslo, ktoré bolo vopred určené. Keď by nastala situácia, že by ani druhá kontaktujúca osoba nereagovala a nezabezpečila odvrátenie rizika, tak zariadenie vyšle výstrahu pohotovostným službám s GPS súradnicami vozidla. Pri situácii, že by došlo k vybitiu batérie zariadenia sa tesne pred vypnutím odošle správa používateľovi o stave, že zariadenie bude mimo prevádzky. Predpokladaná cena tohto zariadenia je 318,98 eur. (COXWORTH, 2018)



Obr. 1-9 Zariadenie Payton's Charm na detekciu snímania teploty a oxidu uhličitého vo vnútri auta Zdroj: Prevzaté z (COXWORTH, 2018)

1.2 Vnorené (embedded) systémy

Vnorený systém „Je systém založený na mikroprocesoroch, ktorý je skonštruovaný na riadenie funkcie alebo rozsahu funkcií a nie je navrhnutý tak, aby bol naprogramovaný koncovým používateľom rovnakým spôsobom, akým je PC“ (HEATH, 2003 s. 17). Vnorené systémy spájajú spolu viacero zariadení a pozostávajú z mikroprocesorov s ich periférnych zariadení. Tieto systémy pokrývajú veľkú škálu aplikácií od jednoduchých detských hračiek až po špeciálne výkonové mikroprocesory na riadenie v priemysle, letectve, doprave a skoro vo všetkých odvetviach. Jedná sa o zariadenia, ktoré majú hardware a software na riadenie konkrétnej aplikácie, vyhradenej funkcie väčšieho mechanického alebo elektronického systému. Medzi ďalšie komponenty, ktoré majú vnorené systémy patria CPU, pamäť, oscilátor a mnoho ďalšej hardwarovej a softwarovej sady, ktorá sa líši od zložitosti aplikácie, pre ktorú je tento

system použitý. Operačný system v reálnom čase dohliada na aplikačný software, ktorý poskytuje mechanizmus, čím je umožnené procesoru spúšťať procesy a plánované úlohy podľa kontroly. Nie každé zariadenie musí mať reálny čas a operačný system, podľa ktorého sa riadi celý system. (BARR, a iní, 2006)

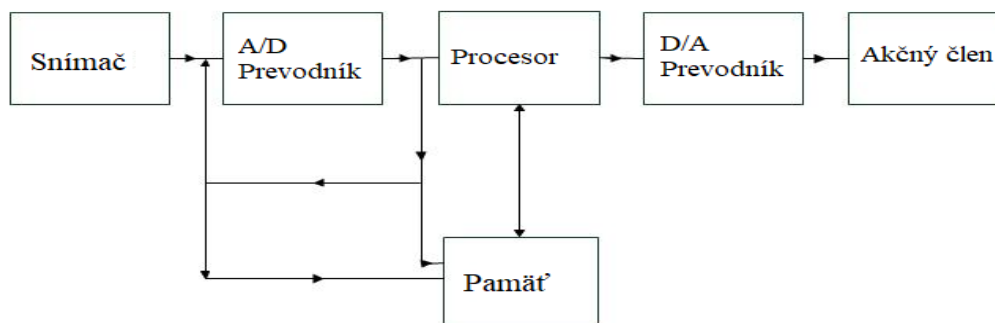
Jednoduchšie systémy majú spúšťaný krátky program z pamäte ROM alebo sa používa elektricky vymazateľná programovateľná pamäť EEPROM, na ktorej sa nachádza nahratý firmvér. Najčastejšie sa vytvára program v programovacích jazykoch C alebo C++. Najbežnejšie varianty operačných systémov sú operačný system Linux alebo Windows, ktoré riadia výkonnejšie zariadenia. Fungovanie systému musí byť dostatočne rýchle na vykonávanie potrebných inštrukcií, aby sa spotreboval minimálny výkon a tak sa predĺžila výdrž batérie. Pri návrhu systémov pracujúcich v reálnom čase sa kladú vyššie požiadavky na čas odozvy od vzniku externej udalosti. Je potrebné zvýšiť spoľahlivosť a bezpečnosť. K ďalším nárokom na vývoj sú požiadavky na mobilitu, extrémne nízke náklady na výrobu a obmedzenú hardwarovú kapacitu. (IT PRO, 2019)

Vývoj a návrh vnorených systémov si vyžaduje širokú škálu zručností aby sa zabezpečila efektívnosť, optimalizáciu, stabilitu a bezpečnosť. Medzi výhody vnorených systémov patria nízka spotreba energie, nízke náklady, zvýšený výkon. Naopak medzi nevýhody vnorených systémov sú vysoké úsilie v oblasti vývoja a veľký čas pre uvedenie na trh. Ďalšou charakteristikou vnorených systémov je ukladanie dát do pamäte. Rozdelenie je na dve architektúry: Harvardská a Von Neumannova. Pri Harvardskej architektúre sa používajú samostatné úložné a signálové zbernice pre inštrukcie a dáta. Počítače majú samostatné pamäťové oblasti pre inštrukcie a dáta interných dátových zberníc, ktoré umožňujú simultánny prístup k údajom a inštrukciám. Programy je preto potrebné načítať operátorom. Von Neumannova architektúra má jednu zbernicu pre dáta aj inštrukcie. Výsledkom je, že procesor vykonáva jednu operáciu. Vykonáva sa buď čítanie z pamäte alebo zápis do pamäte. Dátové operácie nemôžu nastať súčasne pomocou zdieľanej spoločnej zbernice. (HEATH, 2003)

1.2.1 Architektúry vnorených systémov v automobiloch

Vývoj nových technológií a inovácií v automobilovom priemysle neustále napreduje. Nové technológie nám ponúkajú rôzne možnosti na vylepšenie funkcií

v oblasti pohonu, riadenia infotainmentu a ďalších alebo zvýšenie komfortu a bezpečnosti. Na vývoj sa neustále kladú veľké požiadavky v oblasti bezpečnosti, ale aj spoľahlivosti jednotlivých riadiacich jednotiek, ktoré budú zabezpečovať riadenie autonómnych áut a ich vzájomnú komunikáciu medzi nimi. K dosiahnutiu lepšej účinnosti sa vytvárajú nezávislé riadiace jednotky, ktoré medzi sebou budú komunikovať a centrálna riadiaca ich bude nadradeným členom. Týmto sa dosiahne väčšia rýchlosť spracovania dát, rýchlejšia odozva na externé udalosti. Celková chronológia postupného vyvíjania architektúr riadiacich systémov aut sa nachádza v prílohe C. (ZERFOWSKI, a iní, 2019)



Obr. 1-10 Bloková schéma jednoduchých vnorených (Embedded) systémov Zdroj: Upravené podľa https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_overview.htm

Architektúra automobilových systémov sa rozdeľuje do rôznych generácií. V súčasnosti sa automobilový priemysel nachádza na pozícii tretej generácie so zatiaľ navrhnutých päť koncepcií možnej konfigurácie a reálneho používania v autách so súčasnými technológiami. Nové stupne systémov a ich používanie súvisí s výskumom nových technológií, ktoré pri aplikovaní v automobilovom priemysle budú môcť definovať mnoho nových koncepcií, ktoré posunú architektúry v automobiloch do úplne iných úrovní, ako sa dnes používajú alebo predpokladajú na najbližšie obdobie. Vývoj a spôsoby riadenia riadiacich jednotiek v automobiloch sa stále menia a vyvíjajú. (TAKADA, 2012)

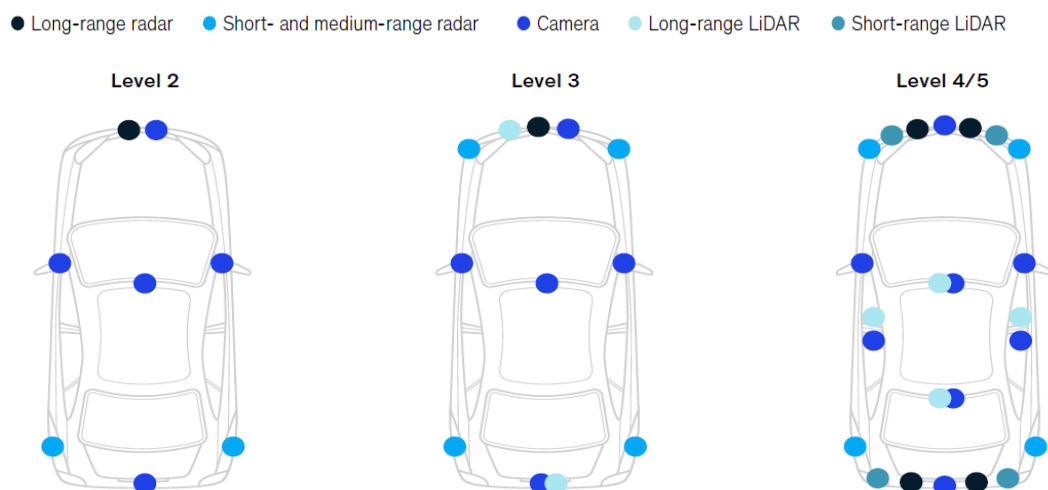
Prvá generácia mala izolované funkcie, kde boli nezávislé ECU, ktoré medzi sebou nekomunikovali. Každá funkcia mala vlastnú riadiacu jednotku. Nasledujúca druhá generácia bola implementovaná o nové funkcie, ktoré začali spadať pod portfólio riadenia riadiacej jednotky. Hlavnou zmenou oproti prvej generácii je, že sa začala

spolupráca medzi riadiacimi jednotkami výmenou dát, čo urýchlilo procesy pri možnosti zdieľania údajov zo snímačov. Spolupráca bola v rámci jednej domény medzi pohonným ústrojenstvom, podvozkom, infotainmentom. Obsahovala 3-4 nezávislé siete. S rastúcimi požiadavkami na riadenie a efektivitu mala táto generácia nevýhodu obmedzenej komunikácie medzi doménami. Tretia - súčasná generácia architektúry riadiacich systémov je už riadená spoločnou centrálnou jednotkou. Podružné jednotky sú medzi sebou poprepájané krížovým funkčným spojením. Tento systém dokáže zvládnuť zložitejšie funkcie a výpočty oproti predchádzajúcim. Dokáže samostatne riadiť napr. adaptívny tempomat v automobile. Čo pri predchádzajúcich jednotkách nebolo možné dosiahnuť, keďže neboli všetky jednotky pospájané. Tieto systémy sú distribučné. Nasledujúca štvrtá generácia, kde bude už doménová centralizácia, pri ktorej je už schopnosť zvládnuť komplexnejšie funkcie, konsolidáciu funkcií a optimalizácia nákladov. Ak spojenie medzi veľkým počtom snímačov a ECU vedie k výsledkom vo vozidlách s nižšou výkonnosťou a oveľa zložitejších okruhoch, ako alternatíva sa objavia výkonnejšie centralizované architektúry, ako je napríklad jednotka riadenia domény (DCU) a radič domény viacerých domén (MDC). (KEBENOU, 2008)

Koncepciu riadiacej jednotky domény (DCU) iniciovali dodávatelia úrovne 1, ako sú Bosch a Continental, ako riešenie problémov s bezpečnosťou informácií a vývojom ECU. DCU môže systémy integrovať vďaka svojej výkonnej hardvérovej výpočtovej kapacite a dostupnosti ďalších softvérových rozhraní, ktoré umožňujú integráciu viacerých základných funkčných modulov, čo znamená nižšie požiadavky na vnímanie funkcií a vykonávanie hardvéru. Okrem toho štandardizované rozhrania pre interakciu údajov pomáhajú týmto komponentom zmeniť sa na štandardné, čím sa znižujú výdavky na výskum, vývoj alebo výrobu. Inými slovami, na rozdiel od periférnych častí, ktoré hrajú iba svoje vlastné úlohy, centrálna riadiaca jednotka domény sa pozerá na celý systém. (REPORTS AND DATA, 2020)

Zatiaľ posledná navrhnutá piata generácia by malo byť centralizované vozidlo. Kde ide o virtuálnu doménu a komunikácia medzi snímačmi a pohonom bude realizovaná prostredníctvom brány Ethernet. Výhodou budú komplexné funkcie a vysoký výpočtový výkon a hardware s vyhradeným obmedzením. Pri týchto

posledných dvoch generáciách už bude možné realizovať a plne riadiť autonómne vozidlá, keďže automobily s týmito systémami budú mať oveľa väčší počet snímačov ako majú súčasné vozidlá od ultrazvukových, radarových, kamerových a dokonca aj nových technológií LIDAR na vytváranie 3D máp okolitého prostredia automobilu. Bezpečné autonómne systémy musia okrem spracovania signálov zo snímačov vybudovať environmentálny model, na základe ktorého sa môže nasadiť stratégia plánovania pohybu a potom do cloudu pridať rozhranie na aktualizáciu a mapové údaje bezdrôtovo. Je ľahké zistiť, ako sa výpočtové zaťaženie vo vnútri automobilu zvyšuje rýchlym tempom. (BURKACKY, a iní, 2019)



Obr. 1-11 Náčrt vozidiel zobrazujúcich rôzne druhy snímačov, kamier a radarov v úrovniach automatizovanej jazdy, ktoré budú slúžiť k zabezpečeniu autonómnej jazdy vozidla Zdroj: Prevzaté z (BURKACKY, a iní, 2019)

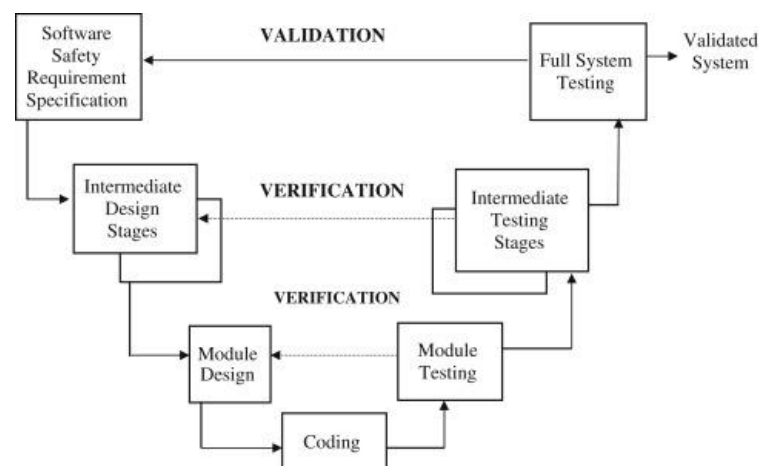
1.2.2 Životný cyklus vývoja systémov a softvéru v automobiloch

Pojem životný cyklus je neoddeliteľnou súčasťou každého projektu zameraného na vývoj softvéru. Pod týmto pojmom rozumieme nadväznosť jednotlivých etáp procesu vývoja. Etapy si môžeme predstaviť ako jednotlivé časti skladačky. Každá časť skladačky má svoje definované vlastnosti, akými sú napr. Vstupy a výstupy, termínu splnenia, atď. Bez hotovej časti skladačky sa nedá pridať jej ďalší diel, čiže bez ukončenia etapy nemožno pokračovať v ďalšej etape. Výsledný tvar utvorený z týchto jednotlivých dielov potom tvorí životný cyklus vývoja SW. Existuje mnoho spôsobov a metód pre postupnú chronológiu celého procesu vývoja a životného cyklu softvéru. (FALCINI, a iní, 2017)

V-Model je jeden zo spôsobov modelovania grafického vývoja procesov životného cyklu. Používa sa na výrobu prísnych modelov životného cyklu vývoja a modelov riadenia projektov. Model V sumarizuje hlavné kroky, ktoré sa majú podniknúť v spojení so zodpovedajúcimi výstupmi v rámci validačného rámca pre počítačové systémy alebo vývoja životného cyklu projektu. Opisuje činnosti, ktoré sa majú vykonať, a výsledky, ktoré sa musia dosiahnuť počas vývoja výrobku. Ľavá strana písmena V predstavuje rozklad požiadaviek a vytvorenie špecifikácií systému. Pravá strana písmena V predstavuje integráciu častí a ich validáciu. Požiadavky však musia byť najprv potvrdené z hľadiska požiadaviek vyššej úrovne alebo potrieb používateľov. Ďalej existuje aj niečo ako overenie systémových modelov. To sa dá čiastočne urobiť aj na ľavej strane. Tvrdenie, že k validácii dôjde iba na pravej strane, nemusí byť správne. Najjednoduchším spôsobom je povedať, že overovanie je vždy v rozpore s požiadavkami (technické podmienky) a overovanie vždy v súlade so skutočným svetom alebo potrebami používateľa. Vo fáze analýzy požiadaviek, prvého kroku v procese overovania, sa požiadavky systému zbierajú analýzou potrieb používateľa. Táto fáza sa zaoberá stanovením toho, čo musí ideálny systém vykonávať. Neurčuje však, ako bude softvér navrhnutý alebo postavený. S používateľom sa zvyčajne vedie pohovor a generuje sa dokument nazvaný dokument požiadaviek používateľov. Jedinou najdlhšou aktivitou v tomto postupe vývoja softvéru je vývoj kódu. Vývoj kódu zahŕňa opravu predtým identifikovaných a prioritizovaných chýb a pridanie funkcií. Súčasne sa vykonáva vývoj funkčných testov. Zdrojový kód sa napíše a potom sa skompiluje do tzv. Strojového kódu alebo kódu objektu. Toto je spojené s funkciami knižnice do spustiteľného obrazu knižnice. Proces ladenia môže skontrolovať kód, keď sa vykonáva, aby sa izolovali problémy. Zdrojový kód sa upraví o vylepšenia a cyklus sa začne znova. (SOFTWARE TESTING HELP, 2020)

Pri vývoji životného cyklu v automobiloch existuje mnoho ďalších typov modelov a koncepcií na zostavenie plne funkčného softvéru. Všetky druhy modelov majú podobné bloky pre navrhnutie a testovanie systémov ale sa líšia iba usporiadaniami prvkov. Ďalším typom je „vodopádový model“ na návrh a skonštruovanie konečnej verzie softvéru. Pri tomto modeli je odvodený názov z toho, že jednotlivé prvky postupujú kaskádovo po jednotlivých fázach. Vodopádový model

predstavuje príklad plánovaného procesu. Preto je principiálne potrebné naplánovať najskôr všetky procesy ako sa začne pracovať. Hlavnými prvkami tohto modelu sú analýza a definovanie požiadaviek, návrh systému a softvéru, implementácia a testovanie jednotiek, integrácia a testovanie systému a posledné prevádzka a údržba. (SOMMERVILLE, 2013)



Obr. 1-12 Typická bloková schéma V modelu Zdroj: Prevzaté z (SMITH, a iní, 2016)

1.2.3 Požiadavkový manažment

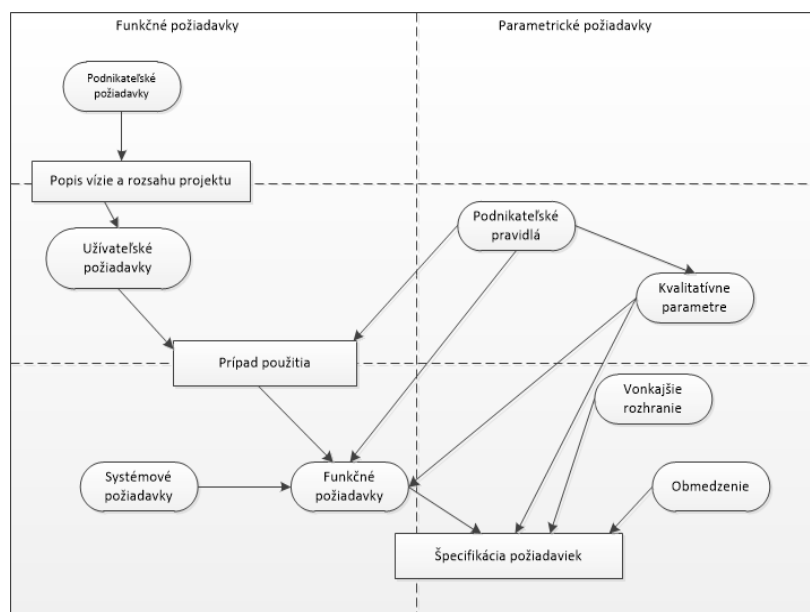
Definícia požiadavky podľa normy IEEE 729 je „Stav alebo schopnosť, ktorú užívateľ potrebuje na vyriešenie problému alebo dosiahnutie cieľa. Stav alebo schopnosť, ktorú musí systém alebo komponent systému spĺňať alebo vlastniť, aby splnil zmluvu, normu, špecifikáciu alebo iné formálne uložené dokumenty Zdokumentované znázornenie stavu alebo spôsobilosti podľa 1 a 2“ (GREEKSFORGREEKS, 2018 s. 1). Pri každom návrhu a vývoji nového softvéru, zariadení, systémov je potrebné správne zadefinovať funkčné a nefunkčné požiadavky systému, ktorý sme sa rozhodli vyrábať. Hlavnou úlohou je zhotoviť požiadavkový dokument daného zariadenia, ktorý bude obsahovať skoro všetky výhody prečo je systém vhodný na výrobu, ale aj nevýhody v oblastiach, kde je systém zraniteľný. Nájst' prienik medzi požiadavkami vývojového tímu a zákazníkom je pomerne dosť komplikované. Dohodou a sklbením požiadaviek oboch strán je základ úspechu. (KANISOVÁ, a iní, 2006)

Požiadavky na softvér sa dajú ďalej rozdeliť do troch rôznych skupín: na podnikateľské, užívateľské a funkčné. Okrem týchto požiadaviek má každý systém

ešte zásobu parametrických požiadaviek, ktoré vyplývajú z jeho funkcie a prostredia. Existuje mnoho spôsobov rozdeľovania a kategórii na stanovenie rôznych typov požiadaviek. Podnikateľské požiadavky sa formulujú na najvyššej úrovni cieľa organizácie alebo zákazníka. Požiadavky hovoria, prečo je potrebný systém pre daného užívateľa alebo firmu. Sú označené ciele, ktoré by sa dosiahli pri vlastníctve tohto systému danou firmou. (WIEGERS, 2008)

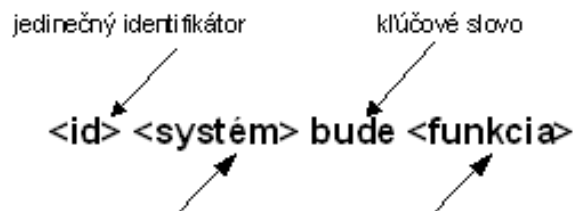
Užívateľské požiadavky určujú ciele používateľov a ich úlohy, ktoré sa musia prostredníctvom systému splniť a zabezpečiť konkurenčnú výhodu pred ostatnými systémami v danej kategórii. Ďalej popisujú, aké úlohy je užívateľ schopný spraviť s daným systémom. Príkladom môžu byť webové stránky obchodov, výpočtové programy na simuláciu elektrických zariadení a pod. (WIEGERS, 2008)

Funkčné požiadavky popisujú funkčnosť softvéru: tieto požiadavky musia vývojári zapracovať do systému, aby užívateľovi mohli splniť požiadavky, ktoré od neho užívateľ očakáva. Funkčným požiadavkám sa hovorí aj požiadavky na správanie systému. Medzi špecifikácie požiadaviek nepatria podrobnosti o návrhu alebo implementácie, informácie o plánovaní projektu alebo informácie o testovaní systému. (QRA, 2019)



Obr. 1-135 Vzťahy medzi rôznymi typmi požiadaviek

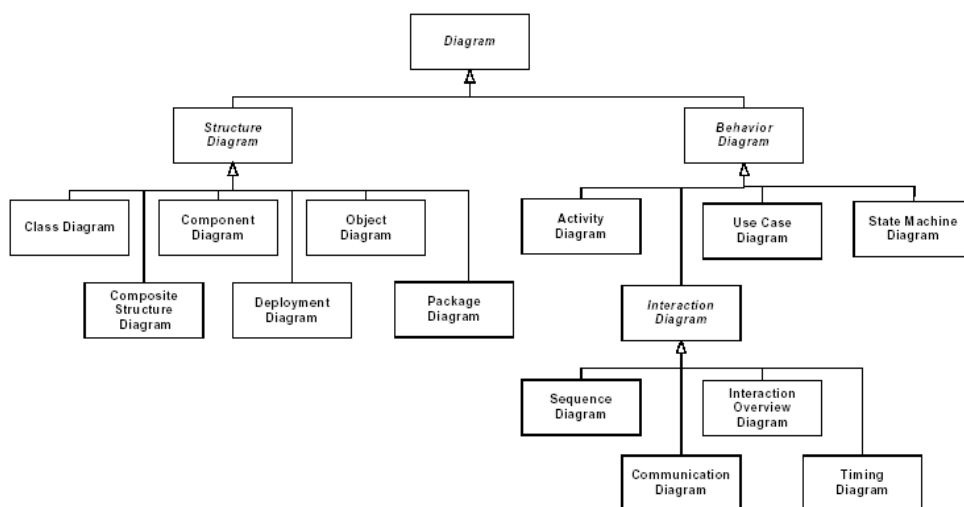
Zdroj: Prevzaté z (WIEGERS, 2008)



Obr. 1-146 Identifikácia a dokumentácia požiadaviek
Zdroj: Prevzaté z (ARLOW, a iní, 2008)

1.3 Jazyk UML

Modelovací jazyk UML (Unified Modeling Language) je objektovo orientovaný programovací jazyk. V roku 1997 vznikla prvá verzia tohto modelovacieho jazyka. Existujú rôzne druhy spôsobu použitia jazyka UML. Aktuálne sa používa verzia UML 2.0 pri ktorej došlo k zmene metamodelu a doplnenie nových typov diagramov. Modelovací jazyk dokáže navrhnúť jednoduché a zložité aplikácie pomocou jednej formálnej syntaxi. Tým je umožnené zdieľať výsledky s ostatnými návrhármi. Medzi jednotlivými diagramami je vzájomná hierarchia. Diagramy UML nezachytávajú navrhovaný systém ako celok, ale sústreďujú sa na jeden pohľad vyvíjaného systému. Týmto sa potom výsledky práce dajú jednoduchšie zdieľať s ostatnými vývojármi. Vybrané modely sú zrozumiteľné a ľahko pochopiteľné pre zadávateľa aplikácie ako aj pre vyjasnenie požiadaviek od užívateľa na vyvíjaný systém. Jazyk UML má širokú škálu použiteľnosti v rôznych oblastiach ako vizualizácia, špecifikácia, stavba a dokumentácia softvérových systémov. (KANISOVÁ, a iní, 2006)



Obr. 1-15 Hierarchia UML diagramu Zdroj: Prevzaté z (TEILANS, a iní, 2014)

Architektúra modelovania a bloková schéma UML pozostáva z rôznych blokov, ktoré reprezentujú jednotlivé neoddeliteľné časti vývoja a tak prispievajú ku kompletnému návrhu softvéru. Kľúčovými diagramami v návrhu zohrávajú úlohu štruktúrový diagram a behavior t.j. diagram správania sa systému. Štrukturálne diagramy ukazujú veci v modelovacom systéme. Z technického hľadiska ukazujú rôzne objekty v systéme. Behavior diagram ukazuje, ako sa systém bude správať a opisuje vzájomné pôsobenie objektov na vytvorenie fungujúceho systému. Pri návrhu zohrávajú hlavnú úlohu aj iné diagramy, ktoré sa nachádzajú v blokovej schéme sú to Class diagram, State Machine diagram, Use Case diagram. (KRAVAL, 2010)

Existuje niekoľko spôsobov použitia UML modelovacieho jazyka. Prvým spôsobom je kreslenie konceptu daného systému. Pri tomto použití je UML podporným nástrojom medzi vývojárom pre zdieľanie návrhov myšlienok. Ide o jednoduché kreslenie, ale dôležitá je zrozumiteľnosť, ktorá by sa mohla neskôr nevhodne prejaviť a ovplyvniť celý systém. Druhým spôsobom je kreslenie detailných návrhov. Cieľom tohto spôsobu je skonštruovať kompletný návrh a kompletnú realizáciu. Pri kreslení je potrebné obsiahnuť všetky prvky tak, aby bolo programátorovi jednoduché napísať kód bez zložitejšieho premýšľania. Pri kreslení detailných návrhov sa využívajú špeciálne nástroje CASE (Computer Aided Software Engineering – nástroje pre podporu analýzy a návrhu aplikácií), ktoré majú schopnosť zdieľať informácie medzi jednotlivými modelmi a kontrolovať konzistenciu návrhu. V súčasnosti sa UML nepoužíva ako programovací jazyk v automobilovom priemysle. Tento spôsob programovania prebral výpočtový a simulačný softvér Matlab. Metamodel je len grafický znázornením systému. (BRUEGGE, a iní, 2010)

2 Systémová analýza zariadenia Car-e-Baby

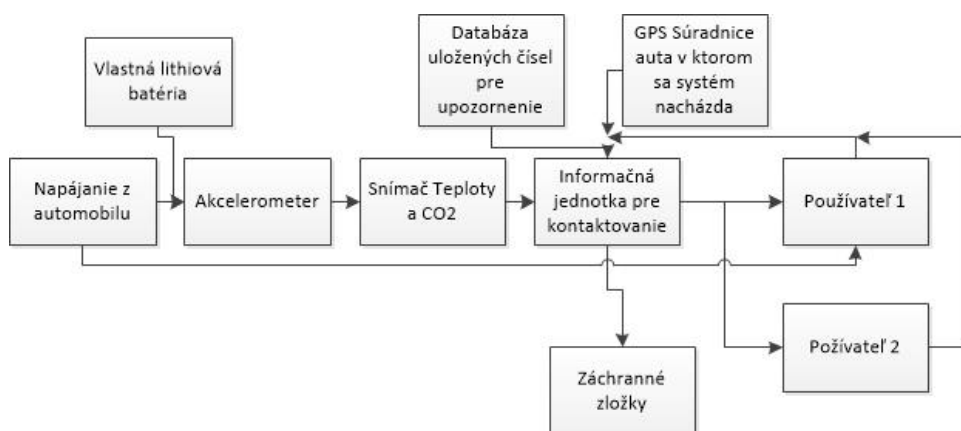
2.1 Systémová analýza pre vývoj vnoreného zariadenia

V tejto podkapitole sa budeme zaoberať analýzou pre systém Car-e-Baby ako vnoreného systému. Pri tomto systéme ide o návrh adaptovaného prezenčného systému, ktorý musí riešiť tzv. systémový integrátor automobilu, ktorý pracuje s rôznymi subsystémami automobilu. Systém, ktorý bude zabezpečovať zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute je informačný systém. Informačný systém je: „Integrovaná sada komponentov na zber, ukladanie, spracovanie distribúciu a poskytovanie informácií, poznatkov a digitálnych produktov, ktoré medzi sebou komunikujú“ (ZWASS, 2016).

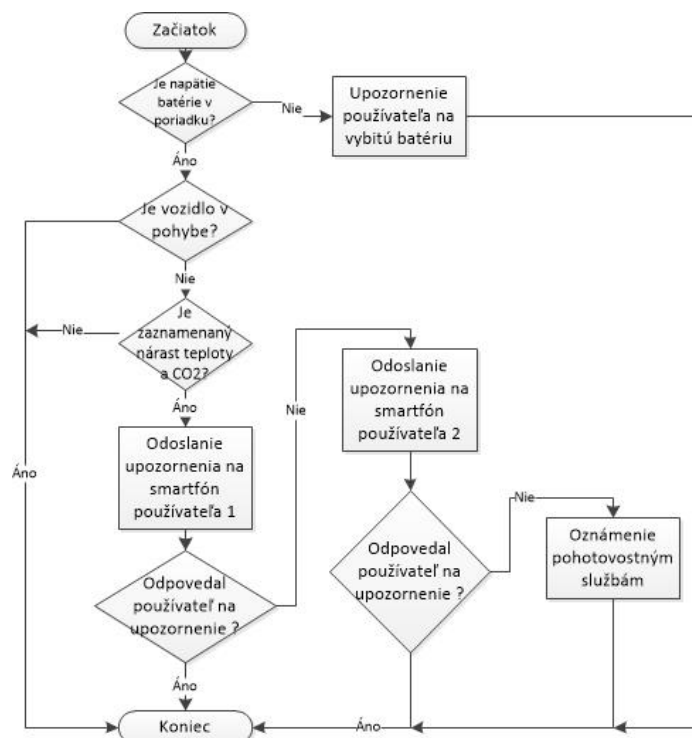
2.1.1 Analýza systému s CO₂ snímačom

Táto kapitola sa zaoberá podrobnou analýzou systému na zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute s použitím CO₂ snímača. Na obrázku (Obr. 2.1) je znázornený vývojový diagram systému „Payton's Charm“ (COXWORTH, 2018) popisujúci funkčnosť systému zariadenia na zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute. Systém má tak za úlohu aby sa predišlo ohrozeniu života zabudnutého dieťaťa v aute. Ako je znázornené na vývojovom diagrame, že systém je napájaný z vlastných batérií kde sa neustále sleduje hladina stavu nabitia. Keď nastane stav, že napätie v batériách poklesne pod určitú hodnotu a dôjde k vybitiu, systém odošle varovnú správu na mobilný telefón upozornenie, že batéria je vybitá a zariadenie je mimo prevádzky. Pri normálnej prevádzke nasleduje kontrola či je vozidlo v pohybe alebo stojí. Údaje o pohybe či jazde systém dostáva z integrovaného akcelerometra zabudovaného v systéme. Systém neustále vyhodnocuje rýchlosť. Ak nastane zhoda a vozidlo zastane začne sa snímať vnútorná teplota vozidla a hladina oxidu uhličitého v aute. Pri prudkom náraste hodnôt zo snímačov sa vyhodnotí krízová situácia a systém vydá povel na upozornenie používateľa o nebezpečenstve prostredníctvom SMS. Z databázy uložených čísel sa kontaktujú osoby, ktoré sa pri inštalácii systému navolili. V prípade, že nedôjde k odpovedi kontaktujúcich osôb 3 krát, systém kontaktuje záchranné zložky o nebezpečenstve s presnými lokalizačnými údajmi z GPS kde sa auto nachádza. (CLARK, 2018)

Ak nastane prípad, že automobil zastane, v tom momente sa začne merať teplota vzduchu a hladina CO₂ v interiéri automobilu. Systém nevie overiť, či sa vo vnútri auta nachádzajú aj iné osoby alebo vodič. Ďalej systém nemá informácie, či motor je spustený alebo je v pokoji a tak môže nastať situácia, keď auto zastane na semaforoch na križovatke, alebo stojí v kolóne. Takto systém vyhodnotí krízovú situáciu a odošle upozornenie osobám určeným v databáze alebo informuje po neúspešných pokusoch záchranné zložky, ktoré môžu spôsobiť falošný poplach a zbytočný výjazd. (COXWORTH, 2018)



Obrázok 2-1 Bloková schéma systému Payton's Charm s použitím snímania oxidu uhličitého v aute Zdroj: Upravené podľa (COXWORTH, 2018)

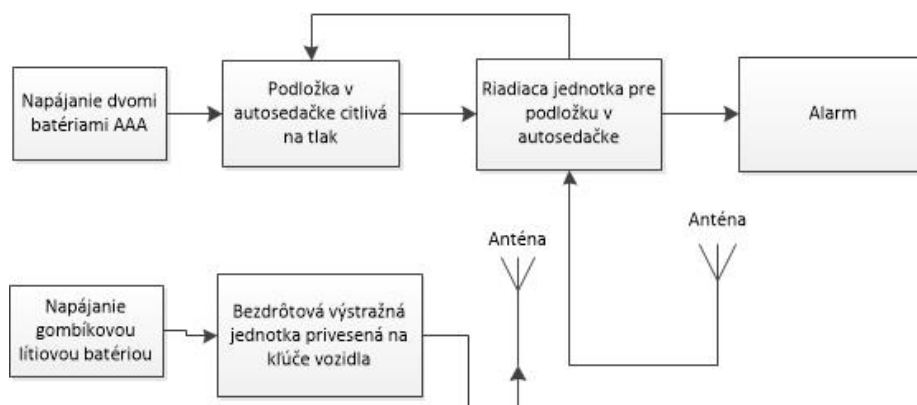


Obr. 2-2 Vývojový diagram systému Payton's Charm na zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute pomocou CO₂ snímača Zdroj: Upravené podľa (CLARK, 2018)

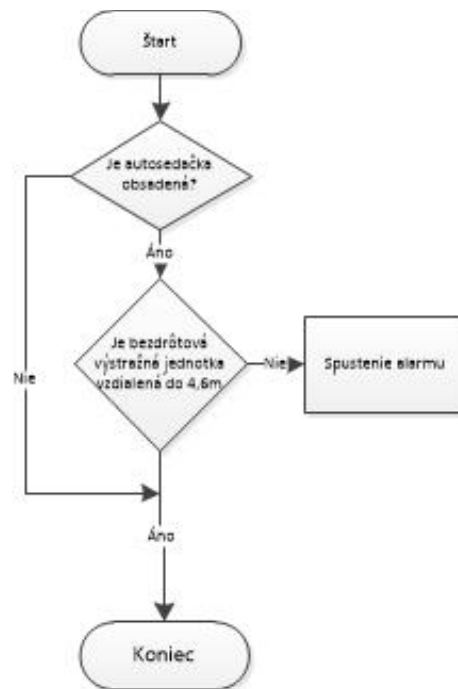
2.1.2 Analýza systému s tlakovým snímačom

Systém „ChildMinder“ (COXWORTH, 2012) zobrazený na (Obr.2.2) kde je znázornený vývojový diagram pre tento systém zabránenia zabudnutia dieťaťa v aute. Systém pracuje na princípe aplikovania tlakového snímača do detskej autosedačky, ktorým sa zisťuje, či je autosedačka obsadená alebo je prázdna. Systém má vlastnú riadiacu jednotku, ktorá neustále prijíma hodnoty z tlakového snímača a bezdrôtovej kľúčovej jednotky. Táto jednotka sa musí nachádzať v okruhu 4,6m od automobilu. Po prekročení tejto hranice sa automaticky zapne alarm, ak sa nachádza dieťa v autosedačke. Po priblížení sa prijímača na vzdialenosť do 4,6m od auta sa alarm automaticky deaktivuje. (COXWORTH, 2012)

Tento systém má aj svoje nevýhody. Tlakový snímač reaguje od hmotnosti 4 kg. Týmto môže nastať situácia, že dieťa má menšiu hmotnosť ako dokáže tlakový snímač zaznamenať. Ďalším nedostatkom tohto systému je, ak si vodič zabudne prijímač, ktorý posiela informácie o vzdialenosti od auta vznikne situácia, keď systém nebude reagovať, pretože nemá údaje a vyhodnotí, že sa vodič nachádza v aute, tak môže dôjsť k ohrozeniu života dieťaťa v autosedačke. Systém nevie rozoznať, či ide o ľudskú bytosť alebo nejakú vec a tak sa môže stať, že šofér položí veci do autosedačky a po vystúpení z auta a vzdialení sa na väčšiu vzdialenosť ako 4,6 m od auta systém vyhodnotí obsadenosť a zapne sa alarm. Taktiež zariadenie je napájané batériami, ak dôjde k ich vybitiu alebo poklesu napätia, systém nemá funkciu upozorniť vodiča alebo užívateľa o nefunkčnosti zariadenia a výmene batérií, aby bol znova systém v pohotovosti a správne vyhodnocoval údaje zo snímačov a tak zabránil zabudnutie dieťaťa v aute. (SHAMAH, 2013)



Obr. 2-3 Bloková schéma systému ChildMinder pre zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute s tlakovým snímačom v autosedačke Zdroj: Upravené podľa (SHAMAH, 2013)



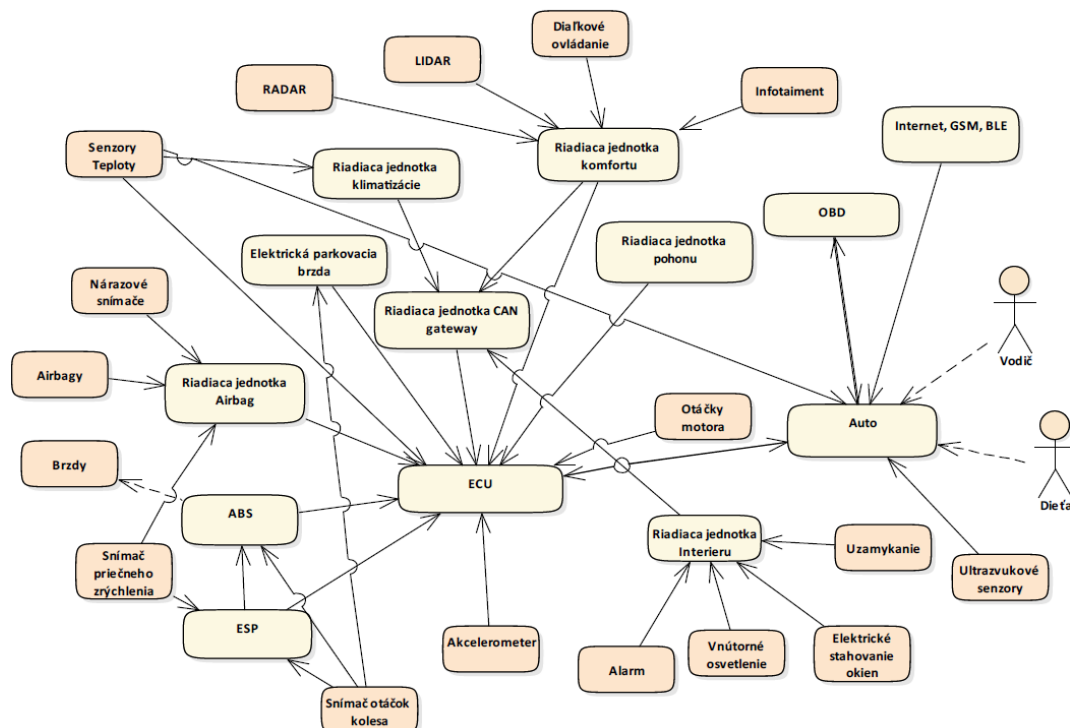
Obr. 2-4 Vývojový diagram systému ChildMinder z tlakovým snímačom
Zdroj: Upravené podľa (SHAMAH, 2013)

2.1.3 Bloková schéma prezenčného systému v aute

V tejto podkapitole sa budeme venovať aktuálnym prezenčným systémom v autách. Čiastočným prispôbením domén v prezenčnom systéme automobilu dosiahneme zabrániť zabudnutie dieťaťa, vtedy nebude treba použiť externé zariadenie pre splnenie tejto požiadavky. Znázornená doménová schéma na (Obr.2.3) zobrazuje aktuálnu situáciu, kde v automobiloch nie je žiadny systém zabraňujúci zabudnúť dieťa v aute. Táto mapa domén vznikla syntézou popisom rôznych prezenčných systémov uvedených v prvej kapitole. Uvedená doménová schéma nemá za účel zabrániť zabudnutie dieťaťa v aute. Ide o zjednodušenú blokovú schému, ktorá neobsahuje komunikačné siete vo vozidle ako sú: CAN, LIN, MOST, FlexRay. Doménová schéma neobsahuje napájanie domén a riadiacich jednotiek v aute. Vzhľadom na to, že sa prezenčné systémy nachádzajú v aute, ktoré by sa dali malými úpravami a skĺbením funkcií využiť, aby dokázali zabezpečiť zabránenie zabudnutia dieťaťa v aute. Nie je potrebné vymýšľať nové zariadenie, ale využiť prezenčné systémy ako je napríklad sledovanie ospalosti vodiča alebo detekcia obsadenia sedadiel, vnútorné kamery a radary na detekciu a prítomnosť osôb v automobile. V tom prípade by išlo

o veľmi komplexný systém zisťujúci prítomnosť dieťaťa v aute. (NATIONAL INSTRUMENTS , 2019)

Pretože na trhu sa veľmi nepresadili doplnkové systémy, ktoré sa vyvinuli za účelom ochrany dieťaťa zabudnutého v aute. Zatiaľ neexistuje žiadne zariadenie, ktoré by bolo dodávané výrobcom automobilu a teda zabudované do interiéru od výroby. Existujú len doplňujúce zariadenie, ktoré je možné nezávisle kúpiť a namontovať do automobilu. Tieto zariadenie zabezpečia zabrániť zabudnutie dieťaťa v aute, ale pretože nie je povinnosť mať tieto zariadenia okrem niektorých krajín ako napr. Taliansko, ktoré zaviedlo túto povinnosť. V iných krajinách sa to málo používa. Správnym navrhnutím a definovaním funkcií, požiadaviek funkčných a nefunkčných na systém môžeme docieľiť účinný systém, ktorý bude správne spĺňať podmienky na vyhodnotenie krízovej situácie v prípade zabudnutia dieťaťa v aute. V prílohe F sa nachádza bloková schéma navrhnutého systému Car-e-Baby. (MIHALEC, 2020) (LA REPUBBLICA, 2019)



Obr.2-5 Znárodné domény a ich vzájomná súvislosť v prezenčnom systéme, kde sa doména chápe ako funkčný prvok automobilu Zdroj: Vlastné

2.1.4 Požiadavky na zariadenie Car-e-baby

V tejto podkapitole sa budeme zaoberať definovaním funkčných a nefunkčných požiadaviek pre prezenčný systém Car-e-Baby. Zadeinovaním požiadaviek pre tento systém dosiahneme to, že môžeme použiť už existujúce prezenčné systémy v aute. Zmenou alebo čiastočnou úpravou hardvérových a softvérových systémov dosiahneme vytvoriť systém Car-e-Baby, zabráňujúci zabudnúť dieťa v aute. Týmto dosiahneme väčšiu efektívnosť a spoľahlivosť, ako v prípade doplnujúcich zariadení, ktoré sa na trhu veľmi neujali. Základné rozdelenie požiadaviek na funkčnosť systému je:,,

- Funkčné – špecifikujú požiadavky na funkčnosť systému
- Nefunkčné– špecifikujú iné vlastnosti systému, prípadné podmienky obmedzujúce fungovanie systému“ (KANISOVÁ, a iní, 2006 s. 17).

Tab. 2-1 Zoznam funkčných požiadaviek na systém zabránenia zabudnutia dieťaťa v aute *Car-e-Baby* Zdroj: Vlastné

Funkčné Požiadavky	Popis požiadavky
ID_01	Systém overuje či je vozidlo v pohybe alebo stojí
ID_02	Systém overuje či sa nachádza v aute nejaká osoba
ID_03	Systém nepretržite sníma teplotu a CO ₂
ID_04	Pri zaznamenaní osoby v aute nesmie dôjsť k uzamknutiu auta z vonkajšej strany
ID_05	Snímanie otvorenia dverí z koncových snímačov.
ID_06	Systém musí zabezpečiť bezproblémovú prevádzku a nevyvolať falošný poplach
ID_07	Systém eviduje vybratie kľúčov zo zapalovania
ID_08	Pripojenie na internet, GPS, GSM, signál mobilného operátora
ID_09	Systém by mal podliehať pravidelnej kontrole funkčnosti
ID_10	Systém musí mať samodiagnostiku, ktorá dokáže vodičovi zobrazit' na palubnom počítači závalu a upozorniť na obmedzenú funkčnosť
ID_11	Musí byť zabezpečená komunikácia medzi ECU auta a riadiacou jednotkou systému
ID_12	Nízke náklady na spotrebu energie
ID_13	Systém musí zabezpečiť bezpečné spojenie a kontaktovanie osôb uvedených na rýchlej voľbe
ID_14	Systém sleduje či je napájanie zariadenia v poriadku a nabitá batéria
ID_15	Snímanie zapnutia bezpečnostných pásov

Tab.2-2 Zoznam nefunkčných požiadaviek pre systém Car-e-Baby Zdroj: Vlastné

Nefunkčné Požiadavky	Popis požiadavky
ID_01	Vyhodnotenie stavu nabitia akumulátora sa zobrazuje na display
ID_02	Snímače obsadenia sedadiel zaznamenávajú prítomnosť neustále
ID_03	Nezávisle napájanie pre snímače teploty v aute
ID_04	Záložný zdroj v automobile
ID_05	Vyhodnotenie stavu výpadku GPS signálu
ID_06	Vyhodnotenie stavu poškodeného istiaceho prvku a upozornenie vodiča na nefunkčnosť systémov v aute
ID_07	Pracovanie systému aj pri IGNITION OFF
ID_08	Stály prívod napätia na RJ otvárania okien a alarmu

2.2 Softvérová analýza vnoreného zariadenia s využitím UML diagramu typu stavový stroj

Táto časť podkapitoly sa bude zaoberať popisom stavových diagramov pre vytvorenie stavového stroja. Stavové diagramy znázorňujú správanie sa systému. Popisujú všetky možné stavy, ktoré môže nadobudnúť konkrétny objekt systému, inými slovami modelujú správanie objektu naprieč všetkými prípadmi použitia. Diagramy ďalej znázorňujú, ako sa stavy objektov menia v závislosti od udalostí, ktoré sa ho dotýkajú. Syntax stavových diagramov je pomerne jednoduchá. Základom sú stavy objektov. Stav objektu nastane tak, že sa jedná o konkrétne situácie, ktoré nastali počas doby života objektu. Charakteristika situácie je taká, že objekt spĺňa podmienku, realizuje konkrétnu operáciu alebo čaká na príchod udalosti. (KANISOVÁ, a iní, 2006)

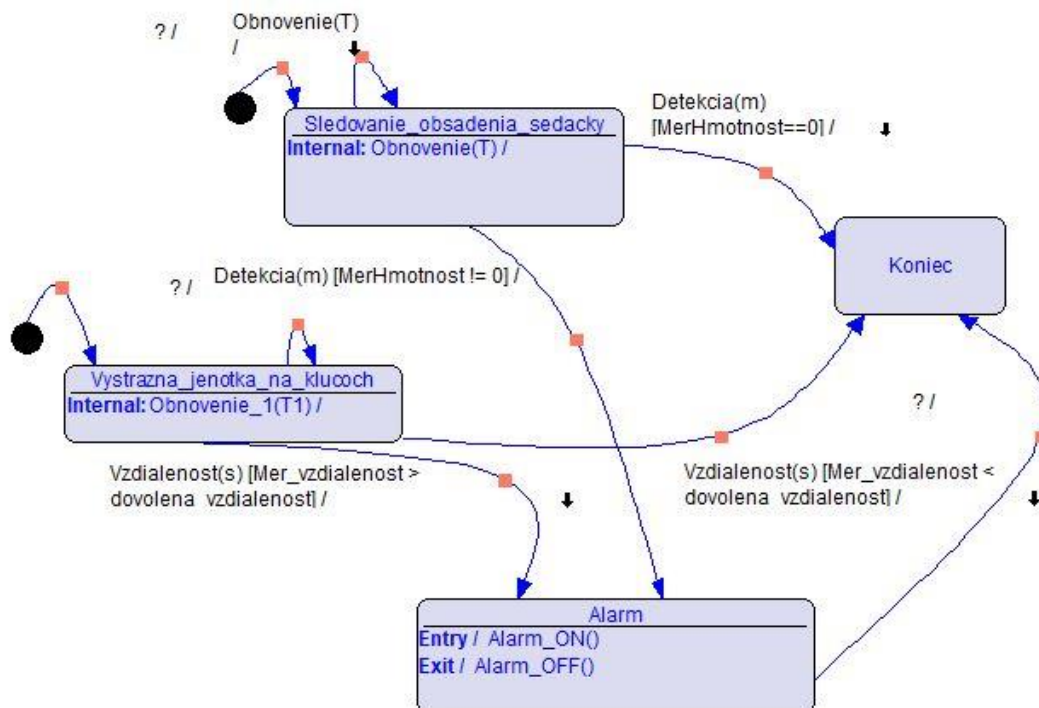
Stavové diagramy majú dva základne symboly – bod začatia a bod ukončenia diagramu. Každý stavový diagram musí mať len jeden stav Štart z ktorého nasleduje prechod do iného stavu. Stav Stop reprezentuje ukončenie stavu diagramu. Každý stav môže obsahovať akcie a aktivity. Za akciu považujeme neprerušiteľný rýchlo prebiehajúci proces. Aktivita je prerušiteľný proces, ktorý trvá určitú dobu. V prílohe D sa nachádza znázornené schéma klimatizácie na princípe stavového stroja s použitím softvéru „IAR Visual State“. (IAR SYSTEMS, 2020) (KANISOVÁ, a iní, 2006)

3 Realizácia simulácií UML diagramov typu stavový stroj:

3.1 Popis SW Visual State modeler

Spoločnosť IAR Systems je švédská spoločnosť zaoberajúca sa počítačovým softvérom, ktorá ponúka nástroje na vývoj vnorených systémov. IAR Systems vyvíja kompilátory, debuggery a ďalšie nástroje pre vývoj a ladenie firmvéru pre 8-, 16- a 32-bitové procesory. Softvér „IAR Visual State“ (IAR SYSTEMS, 2020) slúži na simulovanie vnorených systémov pomocou UML diagramov typu stavový stroj. Tento softvér zabezpečuje podporu a generovanie zdrojového kódu pre procesor MSP430 od Texas Instruments, procesory od STMicroelectronics, ARM, AVR a mnoho ďalších platforiem. Generovanie zdrojového kódu je možné pre štyri programovacie jazyky: C, C++, C#, Java. (IAR SYSTEMS, 2020)

3.2 Modely systémov s CO₂ snímačom a tlakovým snímačom



Obr. 3-1 Model systému s tlakovým snímačom Zdroj: Vlastné

Druhý model systému zabránenia proti zabudnutiu dieťaťa v aute zo snímačom oxidu uhličitého a teploty je znázornený v prílohe E.

Záver

Cieľom bakalárskej práce bolo naplnenie hlavného a čiastkových cieľov, ktoré boli pre prácu stanovené. Prvý čiastkový cieľ bolo opísať aktuálny stav problematiky na základe rešerše literatúry. Tento čiastkový cieľ bol splnený v kapitole 1. Druhý čiastkový cieľ bakalárskej práce - vypracovanie a systémová analýza pre vývoj vnoreného zariadenia s využitím diagramov v jazyku UML bol realizovaný v kapitole 2.1. Tu bol analyzovaný systém pre zabránenie zabudnutia dieťaťa v automobile s CO₂ snímačom a systém s tlakovým snímačom umiestneným v autosedačke. Následne bol analyzovaný vlastný návrh vnoreného systému Car-e-Baby pre zabránenie zabudnutia dieťaťa vo vozidle. Filozofia vlastného návrhu spočíva vo využití používaných prezenčných a vnorených systémov v autách. Čiastočná zmena hardvéru a softvéru používaných v automobiloch by sa mohlo docieľiť ku komplexnému riešeniu tejto problematiky zabudnutia detí v autách. Vzhľadom na to, že externé systémy sa veľmi neujali na trhu a majú svoje nedostatky.

Tretí čiastkový cieľ práce - vypracovanie softvérovej analýzy vnoreného zariadenia s využitím UML diagramov typu stavový stroj som popísal v kapitole 2.1. Pre systém bol vypracovaný v podkapitole 2.1.4 požiadavkový dokument obsahujúci funkčné a nefunkčné požiadavky pre systém Car-e-Baby. Štvrtý čiastkový cieľ práce - návrh a realizácia simulácií UML diagramov pomocou vybraného softvérového nástroja bol splnený v kapitole 3. Boli vytvorené modely UML diagramov typu stavový stroj pomocou softvéru „IAR Visual State“ (IAR SYSTEMS, 2020). Tento vybraný softvér má veľkú výhodu v tom, že po vymodelovaní UML diagramov typu stavový stroj dokáže vygenerovať zdrojový kód v programovacích jazykoch C, C++, C#, Java a zároveň má širokú škálu podpory generovaného kódu pre procesory od výrobcov: Texas Instruments, STMicroelectronics, ARM a ďalšie.

Veríme, že takto došlo k naplneniu ako hlavného, tak i čiastkových cieľov tejto práce. Problematike by som sa chcel aj naďalej venovať ďalšími svojimi návrhmi a vývojom systému Car-e-Baby a dotiahnuť to až do diplomovej práce.



Zoznam použitej literatúry

ALIZADEH, M. 2019. [Online] 2019. <http://radar.alizadeh.ca/introduction.html>.

ALIZADEH, M., ABEDI, H. a SHAKER, G. 2019. [Online] 12. August 2019.

<https://arxiv.org/pdf/1908.04417.pdf>.

AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. 2019. [Online] 16. Júl 2019.

<https://www.healthychildren.org/English/safety-prevention/on-the-go/Pages/Prevent-Child-Deaths-in-Hot-Cars.aspx>.

ARLOW, J. a NEUSTADT, I. 2008. *UML2 a unifikovaný proces vývoje aplikáci*. Brno : Computer Press, a.s, 2008. ISBN 978-80-251-1503-9.

BALL, J. 2018. [Online] 23. Január 2018.

<https://www.projectmanagement.com/wikis/233055/Gap-Analysis>.

BARR, M. a MASSA, A. 2006. [Online] 11. Október 2006.

https://books.google.sk/books?id=nPZaPJrw_L0C&pg=PA1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

BORGOMEIO, V. 2019. [Online] 24. Október 2019.

https://www.repubblica.it/motori/sezioni/sicurezza/2019/10/24/news/seggolini_anti_abbandono-239351451/.

BRUEGGE, B. a DUTOIT, A. H. 2010. *Object- Oriented Software Engineering Using UML, Patterns, and Java*. s.l. : Pearson, 2010. ISBN 978-0-13-606125-0.

BURKACKY, O., DEICHMANN, J. a STEIN, J. P. 2019. [Online] Júl 2019.

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Automotive%20and%20Assembly/Our%20Insights/Mapping%20the%20automotive%20software%20and%20electronics%20landscape%20through%202030/Automotive-software-and-electronics-2030-final.ashx>.

CLARK, C. 2018. [Online] 15. September 2018.

<https://southernautomotivealliance.com/paytons-charm-brings-aerospace-ingenuity-to-autos/>.



COXWORTH, B. 2012. [Online] 3. Júl 2012. <https://newatlas.com/childminder-pad-baby-car-alarm/23174/>.

—. 2018. [Online] 4. December 2018. <https://newatlas.com/paytons-charm-child-hot-car-alert/57513/>.

Coxworth, Ben. 2018. [Online] 4. December 2018. <https://newatlas.com/paytons-charm-child-hot-car-alert/57513/>.

DENG, Q., a iní. 2019. [Online] 12. Jún 2019.

https://www.researchgate.net/publication/335500686_Efficient_living_subject_localization_and_weak_vital-sign_signal_enhancement_using_impulse_radio_based_UWB_radar/link/5d8579ff299bf1996f83017e/download.

EMBITEL. 2018. [Online] 19. Apríl 2018. <https://www.embitel.com/blog/embedded-blog/understanding-how-iso-26262-asil-is-determined-for-automotive-applications>.

FALCINI, F. a LAMI, G. 2017. [Online] 5. Apríl 2017. <https://ercim-news.ercim.eu/en109/special/an-integrated-software-development-lifecycle-for-intelligent-automotive-software-the-w-model>.

FRANSWORTH, B. 2019. [Online] 3. December 2019.

<https://imotions.com/blog/fatigue-detection/>.

GEORGE, P. E. 2008. [Online] 13. Október 2008. <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/ocs.htm>.

GINTER, M. A., CHAMPION, D. R. a SCALES, CH. L. 2009. [Online] 12. November 2009.

<https://patentimages.storage.googleapis.com/27/f6/2c/b1ad573c380646/US20100191390A1.pdf>.

GREEKSFORGEEKS. 2018. [Online] 19. Jún 2018.

<https://www.geeksforgeeks.org/software-engineering-classification-of-software-requirements/>.

HEATH, S. 2003. *Embedded Systems Design*. 2003. ISBN 0 7506 5546 1.



IAR SYSTEMS. 2020. [Online] 2020. <https://www.iar.com/>.

ISO 26262. 2011. International Organization for Standardization. [Online] 11. November 2011. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26262:-1:ed-1:v1:en>.

IT PRO. 2019. [Online] 24. Júl 2019. <https://www.itpro.co.uk/hardware/30317/what-is-an-embedded-system>.

IT University of Copenhagen. 2003. [Online] 21. November 2003. https://www.itu.dk/~wasowski/papers/wasowski_danfoss_200311.pdf.

JABBAR, R., a iní. 2018. [Online] 6. Apríl 2018. <https://pdf.sciencedirectassets.com/280203/1-s2.0-S1877050918X00064/1-s2.0-S1877050918304137/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEGgaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIBO98h%2F2CoHEL0WJh%2FfVHliAGGLWwmXyFBua2yHWqHB2AiEAzSovSrR0u5PEKyUB1QTib%2FU0ulXWiTEFvZ76vx>.

KANISOVÁ, H. a MÜLLER, M. 2006. *UML srozumiteľne*. Brno : Computer Press, a.s., 2006. ISBN 80-251-1083-4.

KEBENOU, A. 2008. [Online] 6. Máj 2008. https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/2158/2/Dokument_32.pdf.

KRAVAL, I. 2010. *Analytické modelování informačních systémů pomocí UML v praxi*. Valašské Klobouky : Object Consulting, 2010. ISBN 978-80-254-6986-6.

LA REPUBBLICA. 2019. https://www.repubblica.it/motori/sezioni/sicurezza/2019/12/12/news/v-baby_alert_mai_piu_bimbi_dimenticati_in_auto-243276688/. [Online] 12. December 2019.

MAEDA, J. K. 2016. [Online] 14. Október 2016. <https://wiki.scn.sap.com/wiki/display/SM/More+than+a+Process+Management+tool>.

MCLAREN, C., NULL, J. a QUINN, J. 2005. American Academy of Pediatrics. [Online] 14. Február 2005. <https://pediatrics.aappublications.org/content/116/1/e109>. ISSN 0031 4005.



MERCEDES BENZ. 2018. <https://www.mercedes-benz.sk/passengercars/mercedes-benz-cars/models/gls/gls-suv/explore.pi.html/mercedes-benz-cars/models/gls/gls-suv/explore/intelligent-drive-technologies/attention-assist>. [Online] 15. November 2018. <https://www.mercedesbenzofholulu.com/how-does-mercedes-benz-attention-assist-work/>.

MIHALEC, Š. 2020. *Infračervená kamera pre zabránenie zabudnutia detí v aute*. 2020.

MILES CONTINENTAL. 2017. [Online] 26. Január 2017.

<https://www.milescontinental.co.nz/news/features/driver-fatigue-detection/>.

MONDOMOBILEWEB. 2019. [Online] 12. December 2019.

<https://www.mondomobileweb.it/165502-vodafone-ufficializza-v-baby-alert-domani-acquistabile-anti-abbandono-bambini/>.

NATIONAL INSTRUMENTS . 2019. [Online] 28. Máj 2019. <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/06/flexray-automotive-communication-bus-overview.html>.

NICOLAS, R. 2014. [Online] 30. Apríl 2014. <http://www.car-engineer.com/introduction-to-occupant-detection-inductive-sensors-used-in-automotive/>.

NULL, J. 2018. [Online] 2018. <https://www.noheatstroke.org/>.

NXP SEMICONDUCTORS. 2020. [Online] 6. Apríl 2020.

<https://www.nxp.com/applications/solutions/automotive/adas-and-highly-automated-driving/driver-monitoring-systems-dms-and-occupant-monitoring-systems-:DRIVER-MONITORING-SYSTEMS>.

PANČÍK, J., a iní. 2018. [Online] 6. November 2018.

https://www.researchgate.net/publication/327057316_Video_Post_Processing_Method_For_On_Board_Vehicle_Camera_with_Integrated_Eye_Tracker.

PRASAD, R. R., WESTON, A. a WIETHOLTER, D. K. 2015. [Online] Júl 2015.

https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/812187_unattendedchildremindersystems.pdf.

QRA . 2019. [Online] 30. September 2019. <https://qracorp.com/functional-vs-non-functional-requirements/>.



REPORTS AND DATA. 2020. [Online] Február 2020.

<https://www.reportsanddata.com/report-detail/automotive-domain-control-unit-dcu-market>.

SHAMAH, D. 2013. [Online] 16. Júl 2013. <https://www.timesofisrael.com/can-technology-keep-parents-from-leaving-babies-in-cars/>.

SMITH, D. J. a SIMPSON, K. G. 2016. [Online] 2016.

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/v-model>.

SOFTWARE TESTING HELP. 2020. [Online] 14. Apríl 2020.

<https://www.softwaretestinghelp.com/what-is-stlc-v-model/>.

SOMMERVILLE, I. 2013. *Softwarové Inžénýrství*. Brno : Computer Press, 2013. ISBN 978-80-251-3826-7.

SUITE, B. 2014. BPMN by example. [Online] 2014.

<http://resources.bizagi.com/docs/BPMNByExampleENG.pdf>.

TAKADA, H. 2012. [Online] 8. Jún 2012.

<https://cse.buffalo.edu/~bina/cse321/fall2015/Automotive-embedded-systems.pdf>.

TAUB, E. A. 2017. [Online] 16. Marec 2017.

https://www.nytimes.com/2017/03/16/automobiles/wheels/drowsy-driving-technology.html?_r=0.

TEILANS, A., a iní. 2014. [Online] 29. Máj 2014.

https://www.researchgate.net/publication/215726150_Design_of_UML_models_and_their_simulation_using_arena/download.

TEXAS INSTRUMENTS. 2018. [Online] 6. November 2018.

https://e2e.ti.com/blogs_/b/behind_the_wheel/archive/2018/11/06/occupancy-detection-with-mmwave-sensors-in-a-moving-car.

VODAFONE. 2019. Sconti Condivisi. [Online] 16. December 2019.

<https://www.sconticondivisi.it/offerte/vodafone-ufficializza-v-baby-alert-da-domani-acquistabile-il-dispositivo-anti-abbando-bambini/>.



WIEGERS, K. E. 2008. *Požiadavky na software*. Brno : Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1877-1.

WILLINGHAM, A. J. 2018. [Online] 20. Júl 2018.

<https://edition.cnn.com/2018/07/03/health/hot-car-deaths-child-charts-graphs-trnd/index.html>.

ZERFOWSKI, D. a GERSTL, S. 2019. [Online] 29. November 2019.

<https://www.embedded-software-engineering.de/automotive-software-vertikalisierung-versus-horizontalisierung-a-887621/>.

ZWASS, V. 2016. [Online] 10. Február 2016.

<https://www.britannica.com/topic/information-system>.



Zoznam príloh

Príloha A: Prehľad rozsahu ISO 26262

Príloha B: Tabuľka úmrtia detí zabudnutých v aute v roku 2019 v USA

Príloha C: Generácie architektúr riadiacich systémov automobilov

Príloha D: Model klimatizácie pomocou stavového stroja v IAR Visual State

Príloha E: Model stavového stroja pre systém s CO₂ snímačom

Príloha F: Bloková schéma systému Car-e-Baby

Príloha G: Bakalárska práca (CD)

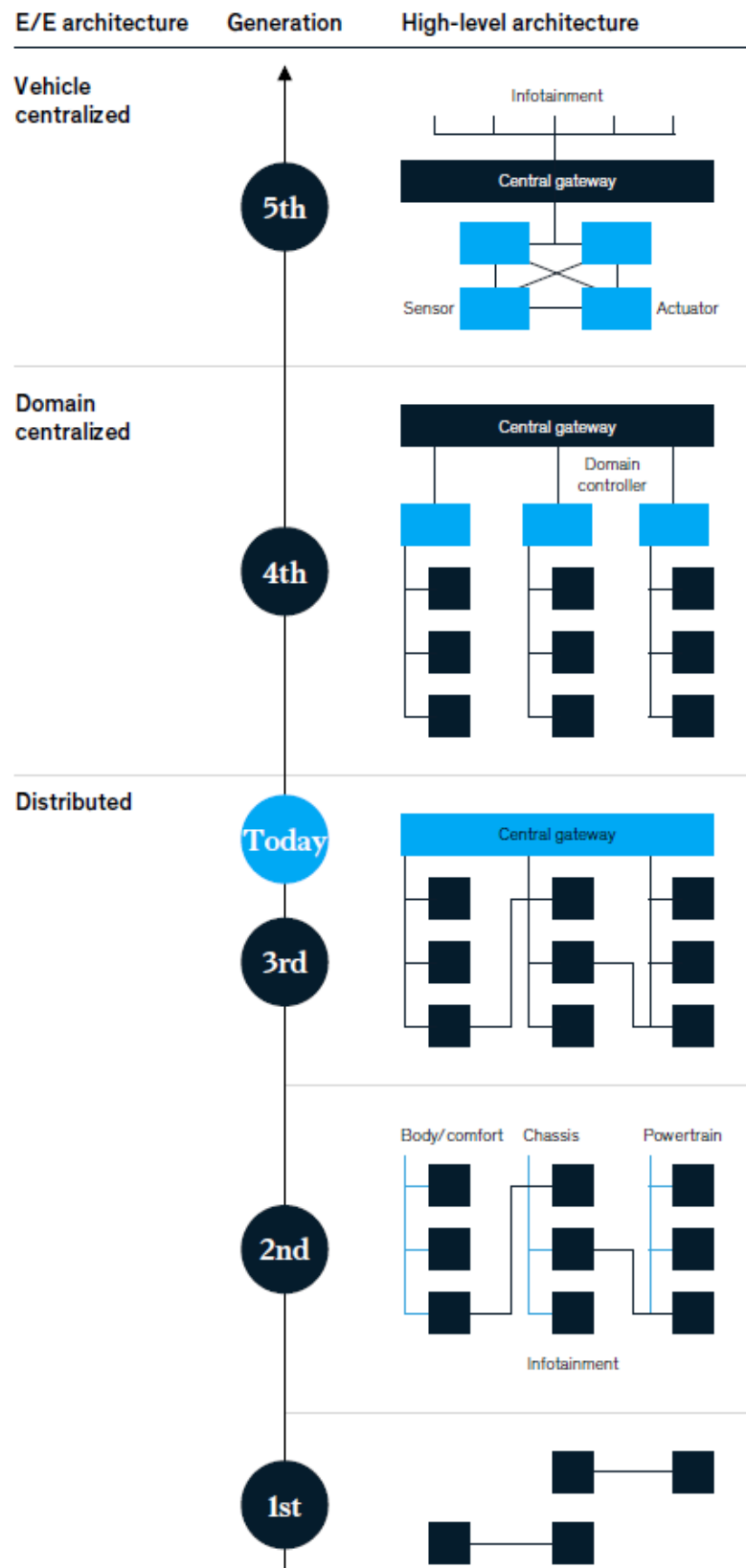
Príloha B: Tabuľka úmrtí detí zabudnutých v aute v roku 2019 v USA Zdroj: Prevzaté z (MCLAREN, a iní, 2005)

Č.	Dátum	Mesto	Teplota [°C]	Meno	Vek
1.	04.4.2019	Melbourne, FL	26,1	Richard Wighart	14 mes.
2.	10.4.2019	Perdido Key, FL	27,2	Joy Monell - Merritt	2 roky
3.	22.4.2019	Glendale, AZ	30	Dievča	18 mes.
4.	2.5.2019	Boomer, NC	27,7	Kaigen Logan	9 mes.
5.	4.5.2019	St. Paul, MN	21,6	Riley Taylor	4 roky
6.	6.5.2019	Lakewood Township, NJ	20,6	Dievča	21 mes.
7.	11.5.2019	Lake Havasu, AZ	29,4	Malia Mae Martin	18 mes.
8.	18.5.2019	Indianapolis, In	30,6	Maria Guadalupe Sanchez	1 rok
9.	22.5.2019	Jacksonville, FL	35	Brooklyn Isaac	4 mes.
10.	22.5.2019	Blytheville, SC	31,1	Zion Akinrefon	4 roky
11.	2.6.2019	Calverton Park, MO	26,1	Joseline Eichelberger	11 mes.
12.	8.6.2019	Butler Country, KS	30	Dievča	3 mes.
13.	20.6.2019	Providence Village, TX	37	Kaysen Neyland	4 roky
14.	21.6.2019	Bardwell, TX	34,4	Mia Villegas	11 mes.
15.	22.6.2019	Galveston, TX	33,3	Ryan Peña	18 mes.
16.	27.6.2019	Morristown, TN	32,2	Benjamin Santana	3 roky
17.	28.6.2019	Dothan, AL	34	Castiel King	2 roky
18.	30.6.2019	Sioux City, IA	36,6	Dievča	16 mes.
19.	2.7.2019	Denton, TX	33,8	Sarbesh Gurung	2 roky
20.	9.7.2019	Evansville, IN	32,2	Oliver Dill	3 roky
21.	11.7.2019	Smyrna, TN	33,8	Daylin Palmer	3 roky
22.	16.7.2019	Richmond, VA	33,8	Luciana Kaye Diaz	10 mes.
23.	26.7.2019	Bronx, NY	30	Phoenix Rodriguez	1 rok
24.	26.7.2019	Bronx, NY	30	Luna Rodriguez	1 rok
25.	29.7.2019	Oakland Park, FL	33,8	Noah Sneed	2 roky
26.	1.8.2019	Garland, TX	35	Victoria Tran	9 mes.
27.	1.8.2019	Corbin, KY	31,1	Aubrey Rose	2 roky
28.	5.8.2019	San Diego, CA	28,3	Scarlett Grace Harris	2 roky
29.	5.8.2019	Ruffin, SC	31,1	Christina Pangalangan	13 rokov
30.	6.8.2019	Moulrrie, GA	32,2	Damian Elias Leyva	21 mes.
31.	7.8.2019	Columbus, NE	30	Weston Nicolas	1 rok
32.	9.8.2019	Knoxville, TN	32,7	Jovany Isaiah Morales	6 mes.
33.	11.8.2019	Lawrence, KS	31,6	DéVonté Lashawn Turner	2 roky
34.	13.8.2019	Santaquin, UT	32,7	WadeRon Taylor	2 mes.
35.	16.8.2019	Lindenwold, NJ	31,1	Milliani Robertson	22 mes.

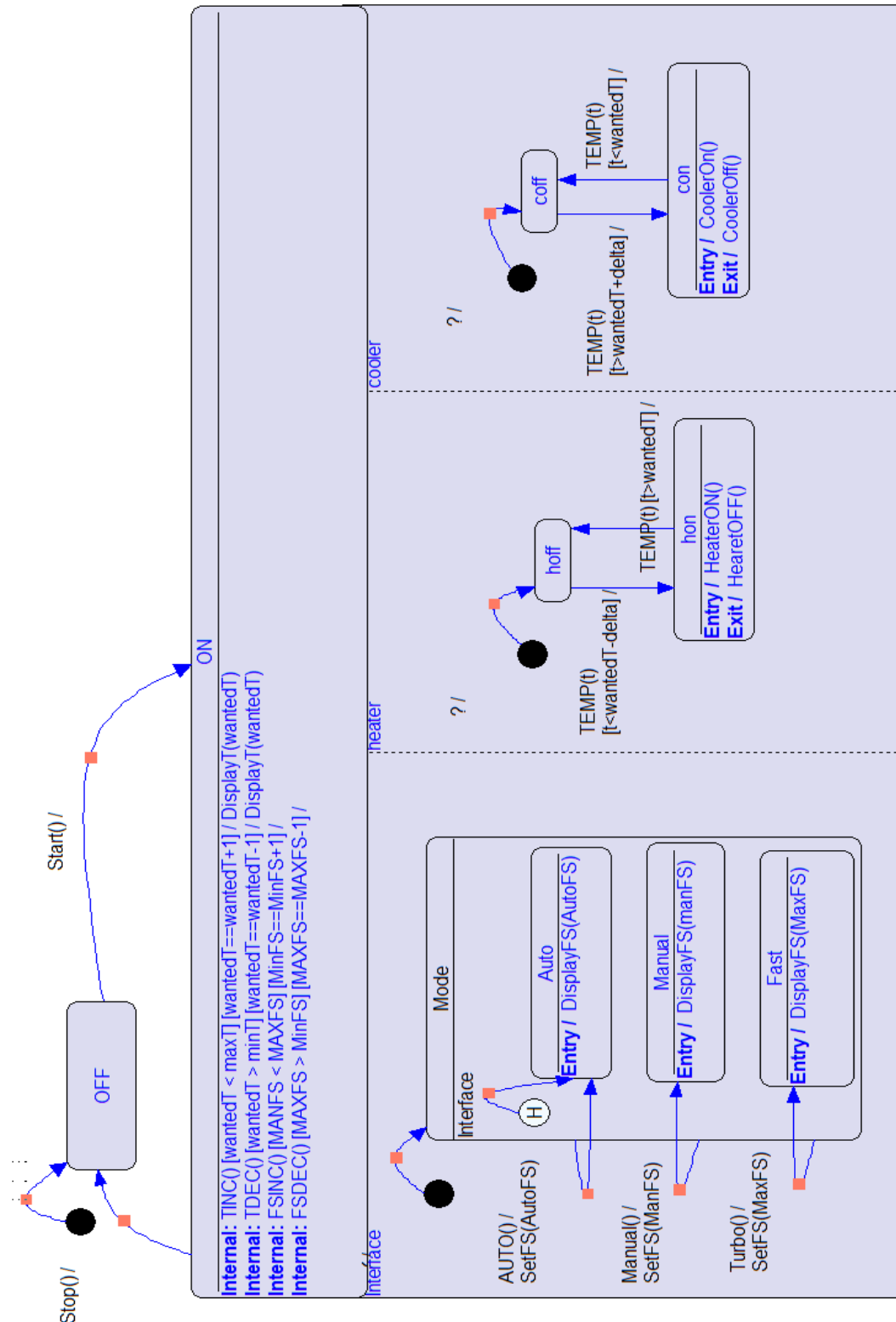


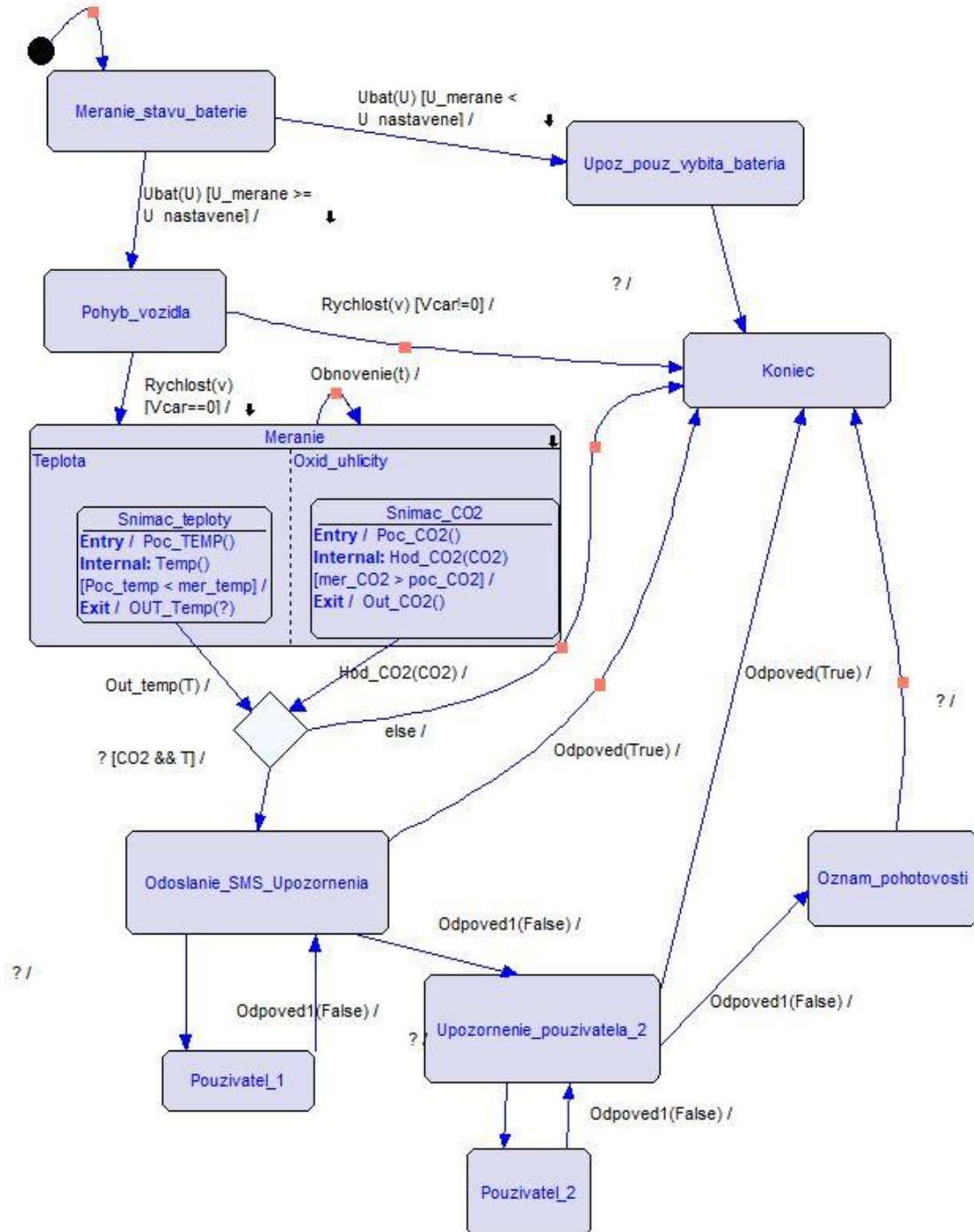
36.	16.8.2019	Booneville, MS	34,4	Lincoln Knox Dodds	21 mes.
37.	21.8.2019	Brownsburg, IN	26,6	Marah Anne Crapo	21 mes.
38.	29.8.2019	Pineville, NC	29,4	Chlapec	1 rok
39.	29.8.2019	Lexington, KY	28,8	Valen Hakizimana	2 mes.
40.	3.9.2019	Gilbert, AZ	42,2	Dievča	3 roky
41.	17.9.2019	Hobbs, NM	32,2	Zariah Hasheme	2 roky
42.	21.9.2019	San Antonio, TX	33,8	Liam Ordonez	3 roky
43.	21.9.2019	Torrance, CA	27,2	June Love Agosto	2 roky
44.	27.9.2019	Oxford, AL	35	Cash Edwin Jordan	11 mes.
45.	29.9.2019	Hinesville, GA	33,8	Payton Keyes	3 roky
46.	29.9.2019	Hinesville, GA	33,8	Raelynn Keyes	3 roky
47.	1.10.2019	Phoenix, AZ	32,7	Samora Cousin	4 mes.
48.	4.10.2019	Destrehan, LA	36,1	Avril Sanabria	2 roky
49.	5.10.2019	Athens, AL	35	Casen Case	13 mes.
50.	6.10.2019	Lancaster, TX	36,1	Chlapec	2 roky
51.	14.10.2019	Tampa, FL	31,1	Dievča	18 mes.
52.	13.11.2019	Walnut, CA	22,7	Chlapec	18 mes.

Príloha C: Generácie architektúr riadiacich systémov automobilov (BURKACKY, a iní, 2019)

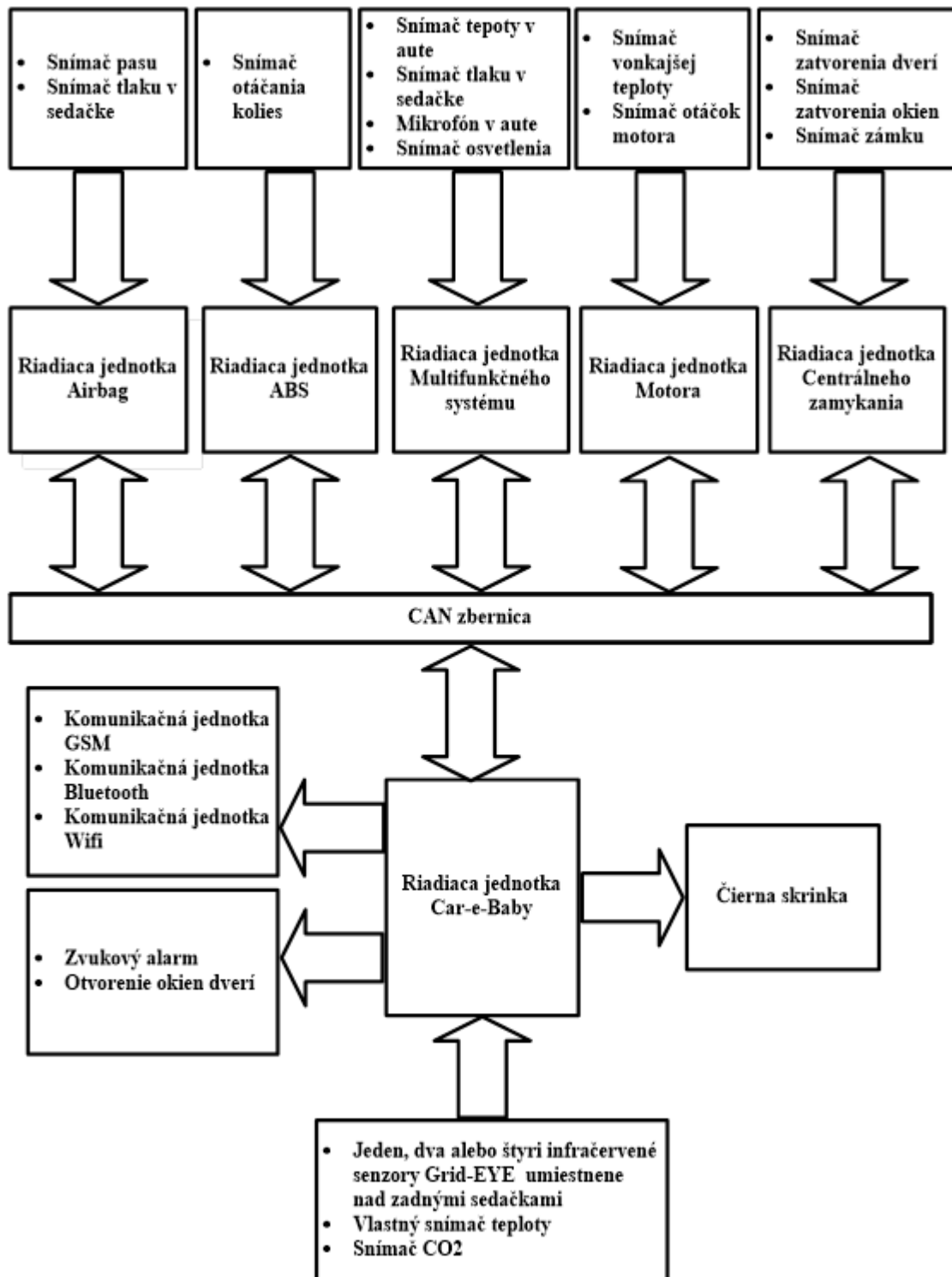


Príloha D: Model klimatizácie pomocou stavového stroja v IAR Visual State Zdroj:
Upravené podľa (IT University of Copenhagen, 2003)



Príloha E: Model stavového stroja pre systém s CO₂ snímačom Zdroj: Vlastné

Príloha F: „Bloková schéma systému Car-e-Baby“ Zdroj: Prevzaté z (MIHALEC, 2020 s. 48)





Príloha G: Bakalárska práca (CD)

Priložené CD obsahuje:

- Práca v elektronickej podobe (formát PDF)