

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**Technická fakulta**

Katedra vozidel a pozemní dopravy



## **Senzorické systémy osobních vozidel**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vypracoval: Bc. Rami Altal

**PRAHA 2018**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Rami Altal

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Senzorické systémy osobních vozidel

Název anglicky

The vehicle sensoric systems of passenger cars

---

### Cíle práce

Vypracovat ucelený přehled bezpečnostních senzorických systémů osobních vozidel s uvedením jejich možností. V návaznosti na uvedený přehled zaměřit pozornost na zvolenou skupinu senzorů (např. parkovací asistent) a měřením ověřit její funkčnost a účelnost.

### Metodika

1. Rešerše – přehled tematiky odborné literatury (včetně firemních zdrojů), analýza senzorických systémů osobních vozidel s detailním zaměřením na vybranou skupinu senzorů (např. parkovací asistent)
2. Metodika posouzení funkčnosti a účelnosti zvolené skupiny senzorů
3. Výsledky a diskuse
4. Závěr

**Doporučený rozsah práce**

60 stran (včetně obrázků a tabulek)

**Klíčová slova**

senzor, aktivní bezpečnost

---

**Doporučené zdroje informací**

Bosch: Driving safety systems. Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 1999

CINDR, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA, – KADLEČEK, B. *Proaktivní bezpečnost silničního provozu [rukopis] = Proactive safety of traffic operations*. Disertační práce. Praha: 2013.

Faheem, S.A. – Mahmud, G.M. – Khan, – M. Rahman H. Zafar: A Survey of Intelligent Car Parking System, Journal of Applied Research and Technology, Vol.11, October 2013

KADLEČEK, B. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. TECHNICKÁ FAKULTA, – SCHWARZKOPF, M. *Jízdní parametry vozidel z hlediska aktivní bezpečnosti [rukopis] : disertační práce Michal Schwarzkopf ; školitel Boleslav Kadleček*. Disertační práce. Praha: 2012.

KOVANDA, J. *Konstrukce automobilů : pasivní bezpečnost*. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01459-2.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2017

**doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 6. 11. 2017

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 27. 12. 2017

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Ing. Miroslava Růžičky, CSc. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

V Praze dne .....

.....

Podpis

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miroslavovi Růžičkovi, CSc., za cenné rady, připomínky a konzultace, které mi poskytovali při psaní práce, Ing. Miroslavovi Lhotákovi za zapůjčení vozidla a ostatním zaměstnancům firmy DEKRA CZ a.s. za pomoc při realizaci experimentu.

## **Abstrakt:**

Cílem práce je analýza moderních senzorických systémů a asistenčních systémů aktivní bezpečnosti automobilů. V první, rešeršní části seznamuje s principy činnosti jednotlivých senzorů, jejich konstrukcí a jejich možnostmi pro asistenční systémy a detailněji popisuje v následující kapitole některé vybrané moderní asistenční systémy. V poslední kapitole je popsán experiment a jeho výsledky.

**Klíčová slova:** senzor, snímač, aktivní bezpečnost, radar, asistenční systémy

## **Vehicle sensoric systems**

### **Summary:**

The aim of thesis is to analyze modern sensoric systems and assistance systems of active vehicle safety. In the beginning of the thesis it describes the working principles of individual sensors, their structures and their potential for driver assistance systems and in the following chapter it describes in detail some of the selected modern assistance systems. The final chapter describes the experiment and its results.

**Key words:** sensor, active safety, radar, assistance systems

# OBSAH

Úvod .....	1
<b>1 Aktivní bezpečnost.....</b>	<b>2</b>
1.1 Asistenční systémy v automobilech .....	3
1.1.1 Asistenční systémy pro bezpečnou jízdu vozidla.....	4
1.1.2 Asistenční systémy podporující řidiče .....	4
1.2 Senzory pro asistenční systémy .....	6
1.3 Infračervené senzory .....	7
1.3.1 Systém nočního vidění Night Vision .....	8
1.4 Radarové senzory .....	9
1.5 Laserové senzory.....	10
1.6 Ultrazvukové senzory.....	12
1.6.1 Asistent bočního pohledu.....	13
1.6.2 Výhody a nedostatky ultrazvukových senzorů .....	15
1.7 Videosenzory.....	15
1.7.1 Stereovideokamera.....	16
1.7.2 Víceúčelová kamera .....	18
1.8 Přehled vybraných bezpečnostních systémů.....	19
1.8.1 Volvo City Safety – nouzové brzdění .....	19
1.8.2 City Safety – omezení .....	19
1.8.3 Funkce .....	20
1.8.4 Laserový senzor .....	21
1.9 Systémy pro varování před opuštěním jízdního pruhu .....	22
1.9.1 Základní funkce systému.....	22
1.10 ACC – Adaptivní tempomat.....	27
1.10.1 Výhody adaptivního tempomatu ACC.....	27
1.10.2 Nevýhody a omezení ACC.....	29
1.10.3 ACC systém .....	29
1.10.4 Adaptivní tempomat v osobních automobilech.....	29
1.10.5 Senzory používané u ACC.....	30
1.10.6 Lidar .....	32
1.11 Parkovací asistent.....	34
1.11.1 Pasivní systémy .....	35
1.11.2 Aktivní systémy .....	35

1.11.3	Parkovací systém PDC .....	36
1.11.4	Automatický parkovací asistent – Park Assist .....	36
1.11.5	Surround View .....	39
1.12	Definice základních pojmů parkování .....	40
<b>2</b>	<b>Cíl a metodika práce.....</b>	<b>42</b>
2.1.1	Cíl práce .....	42
2.1.2	Metodika provedení experimentu .....	42
<b>3</b>	<b>Výsledky a diskuse .....</b>	<b>47</b>
3.1	Naměřené hodnoty .....	50
3.1.1	Doba parkovacího manévru – srovnání.....	50
3.1.2	Změřené vzdálenosti od stanovených mezí parkovacího stání .....	51
3.2	Diskuse k výsledkům měření .....	51
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>53</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>55</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>58</b>
	<b>Seznam použitých symbolů.....</b>	<b>60</b>
	<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>61</b>



# Úvod

Už od raných počátků rozvoje automobilového průmyslu a dopravy se elektronika v automobilech začínala objevovat. S postupem doby byly stále větší požadavky kladeny zejména na zlepšení bezpečnosti, výkonnosti, úspornosti, pohodlí posádky i na zlepšení životního prostředí. Rapidní vývoj v oblasti pasivní i aktivní bezpečnosti automobilový průmysl zaznamenal ve 20. století, zejména díky rozvoji počítačové techniky, bez které by v dnešní době nebylo každodenně využívané funkce, systémy a elektronická zařízení do automobilových vozidel aplikovat.

S kontinuálně narůstajícím počtem automobilů a hustotou silničního provozu zákonitě stoupá i potenciální riziko nehody. Hlavním účelem vývoje sensorové techniky je snaha o co nejmenší zatížení a snížení námahy řidiče během řízení automobilu, což se promítne i na zvýšení jízdní bezpečnosti.

V dnešní době jsou asistenční systémy řidiče samozřejmostí u každého automobilu, jelikož výrazně podporují aktivní bezpečnost vozidla a tím i bezpečí jak řidiče tak i ostatních účastníků provozu na silnici. Dle studií se jejich zavedením značně snížil počet dopravních nehod, údajně až o 40 %.

Asistenční systémy můžeme rozdělit podle prvků bezpečnosti na pasivní a aktivní. Aktivní prvky mají za cíl předejít kolizi, ještě, než k ní dojde, zatímco úkolem pasivních prvků je následky nehody zmírnit (pomocí pásů, airbagů, deformačních zón, bezpečnostních skel apod.). Dalšími systémy jsou ve vozidlech systémy pomáhající řidiči v jízdě, parkování, nebo zlepšují jízdní komfort.

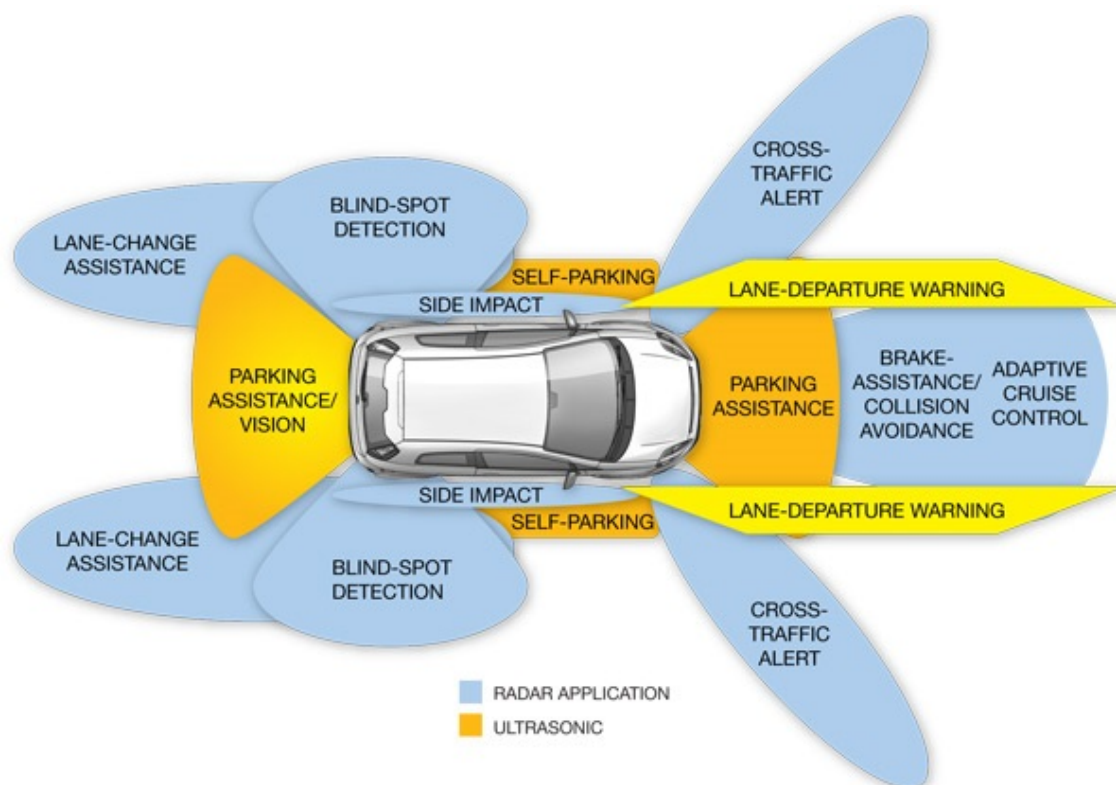
Některé asistenční systémy jsou dnes rozšířeny ve všech cenových třídách automobilů (zejména ABS a ESP), jelikož mají neoddiskutovatelný vliv na bezpečnost provozu. Asistenční systémy, které vyžadují pro svůj provoz drahé senzory a elektroniku, jsou většinou součástí výbav u automobilů středních a vyšších tříd.

Těmto moderním sensorům a asistenčním systémům se tato diplomová práce věnuje.

# 1 Aktivní bezpečnost

Dnešní automobily bývají vybaveny celou řadou bezpečnostních funkcí, které mají za cíl chránit jak posádku vozu, tak chodce v případě kolize. K dispozici jsou bezpečnostní systémy, technická zařízení i konstrukční vlastnosti automobilu, majíc za cíl zabránit nehodě. Jednotlivé prvky rozdělujeme do dvou skupin, a to na prvky aktivní bezpečnosti a na prvky pasivní bezpečnosti. Bezpečnostní prvky, jejichž účelem je předejít kolizi jsou klasifikovány jako aktivní bezpečnostní prvky. Především se jedná o řadu elektronických stabilizačních a antiblokovacích systémů jako jsou ESP, ABS, ASR, ACC, TCS atd. (obr. 1.1), ale i účinné brzdy, přesné spolehlivé řízení, kvalitní tlumiče zajišťující dostatečný kontakt pneumatik s vozovkou a také osvětlení vozidla. Obecně lze říci, že prvky aktivní bezpečnosti zasahují ještě před kolizí, zároveň musíme také přihlídnout k pracovním podmínkám řidiče, jako je dostatečný výhled z vozu, vnitřní optimální teplota, rozmístění ovládacích prvků apod. [5]

Obr. 1.1 Rozmístění aktivních senzorů ve vozidle



Zdroj: [<http://www.edn.com/design/automotive/4368069/Automobile-sensors-may-usher-in-self-driving-cars>]

Aktivní bezpečnost motorových vozidel můžeme rozdělit na čtyři základní skupiny:

**Jízdní bezpečnost** – vlastnosti zmenšující jízdní nedostatky (například odpružení, směrová stabilita vozidla, dobré brzděné vlastnosti).

**Kondiční bezpečnost** – soubor opatření zajišťující jízdní pohodlí. Jde zejména o udržování vhodného mikroklima pomocí větrání či klimatizace, omezení hladiny hluku a o komfortní a ergonomické sezení.

**Pozorovací bezpečnost** – tato skupina aktivní bezpečnosti se týká dobrého výhledu z vozidla ve všech směrech, dobrého osvětlení vozovky. Prvkem pozorovací aktivní bezpečnosti je dokonce i barva vozidla.

**Ovládací bezpečnost** – do této skupiny patří například umístění ovladačů z hlediska dosažitelnosti a možné nechtěné aktivaci/deaktivaci či záměně. Dále sem lze zahrnout kontrolní a signalizační zařízení. [1,2]

## 1.1 Asistenční systémy v automobilech

Asistenční systémy řidiče (DAS – Driver Assistance Systems) upozorňují řidiče na nebezpečné situace a v naléhavých případech i samostatně zasahují do jízdního manévru, čímž zajišťují vyšší bezpečnost provozu vozidla. Mezi asistenční systémy patří např. elektronické stabilizační systémy ESP, které se pořád zdokonalují. Dále se mezi ně řadí i skutečné asistenční systémy jako třeba parkovací asistenční systém, adaptivní regulace rychlosti ACC nebo identifikace jízdního pruhu. Skutečné asistenční systémy řidiče jsou ty, které zamezí nebezpečným situacím dříve, než nastanou. [1]

Asistenční systémy lze rozdělit do dvou skupin:

- Asistenční systémy pro bezpečnou jízdu vozidla
- Asistenční systémy podporující řidiče

### **1.1.1 Asistenční systémy pro bezpečnou jízdu vozidla**

Tyto systémy působí přímo v kritických situacích, aniž by řidič mohl zabránit jejich působení a působí tak, že to případně řidič vůbec nepozná a považuje účinky systémů na chování vozu za normální. Systémy pro bezpečnou jízdu musí pracovat rychle a precizně. Z tohoto důvodu jsou řízeny mikropočítači. Řadí se k nim například: [1]

- Protiblokovací systém ABS (Antiblock Braking System)
- Protiprokluzový systém ASR (Anti-Slip Regulation)
- Elektronický stabilizační systém ESP (Electronic Stability Program)
- Brzdový asistent EBA/BAS (Brake Assist)
- Elektronická distribuce brzdě síly EBD (Electronic Brakeforce Distribution)
- Aktivní stabilizace podvozku AFS (Active Freeze Suspension)
- Systémy pro automatické nouzové brzdění AEB (Autonomous Emergency Braking)

### **1.1.2 Asistenční systémy podporující řidiče**

Nepřímé podpůrné systémy, informující o situaci a upozorňující řidiče na možná nebezpečí. Díky těmto systémům získává řidič lepší přehled o dopravní situaci a může tak učinit lepší rozhodnutí. Tyto systémy, na rozdíl od asistenčních pro bezpečnou jízdu vozidla, nemají kontrolu na vozidlem a mohou být kdykoli odpojeny. Mezi ně patří například: [1]

- Adaptivní tempomat ACC (Adaptive Cruise Control)
- Virtuální zobrazovač HUD (Head Up Display)
- Infračervené noční vidění
- Systém sledování jízdního pruhu Lane Assistant, kontrola mrtvého úhlu
- Parkovací asistenční systém
- Navigační systém GPS
- Aktivní světlomety
- Systém rozpoznávání dopravních značek

Asistenční systémy je možno rozdělit i dle způsobu zásahu do řízení vozidla:

- Řízení – systémy, jenž asistují při rutinních činnostech řidiče (např. ACC)
- Stabilizace – systémy zabráňující smyku (ESP, ABS)
- Navigace

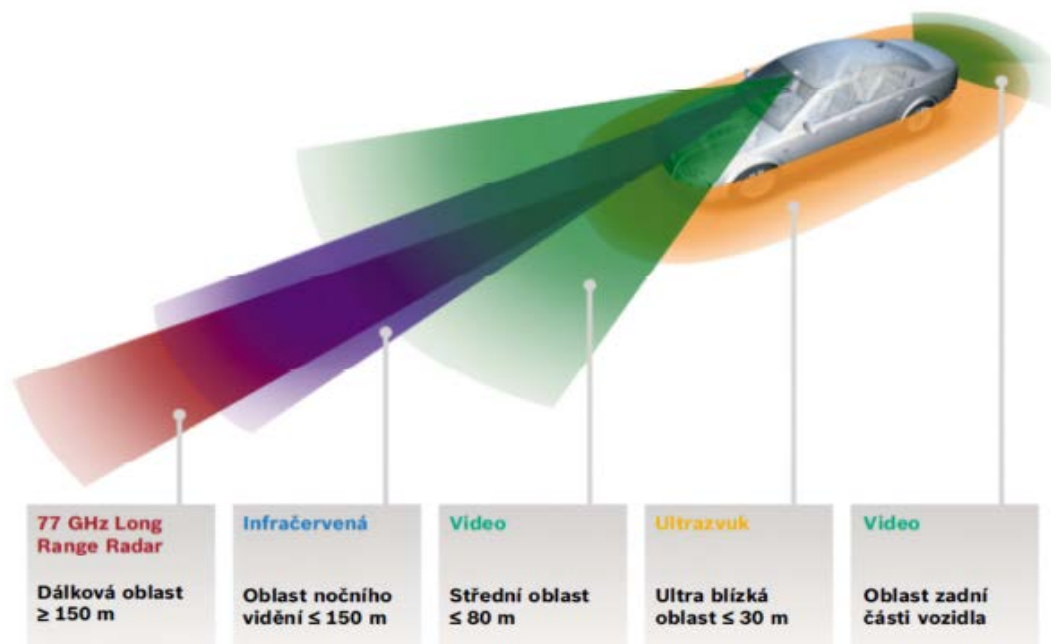
## 1.2 Senzory pro asistenční systémy

Senzor (z anglického jazyka *sensor*, nebo také čidlo či snímač) je obecně zdroj informací pro nějaký řídicí systém, který měří určitou fyzikální nebo technickou veličinu a převádí ji na signál, který lze dálkově přenášet a dále zpracovávat v měřicích a řídicích systémech. [6]

Asistenční systémy pro svou funkci využívají různé snímače. Určité typy snímačů pracují na určité maximální vzdálenosti, ale každý typ má specifický vyjadřovací diagram, což znamená, že daný senzor má schopnost pokrýt pouze část prostoru před a kolem vozidla. Proto se využívá kombinace různých druhů, aby navzájem kompenzovaly své nedostatky v pokrytí prostoru a společně utvořily okolo vozidla bezpečnostní pás. [1]

Pro vozidlové asistenční systémy se používají senzory infračervené, ultrazvukové, radarové, laserové a videokamery.

Obr. 1.2 Systémy detekce okolí vozidla a jejich dálkový rozsah



Zdroj: [<http://press.bosch.cz/img/db/obrazky/1-AE-12955-cz.pdf>]

### 1.3 Infračervené senzory

Infračervené záření (též IR, z anglického *infrared*) je elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší než viditelné světlo, ale kratší než mikrovlnné záření. Infračervené světlo má vlnovou délku mezi 760 nm a 1 mm. [7]

Infračervené záření se dále rozděluje na jednotlivá pásma. Jedno schéma je například toto:

- blízké infračervené záření neboli NIR (IR-A podle normy DIN) o vlnové délce 0,76-1,4  $\mu\text{m}$
- IR krátké vlnové délky neboli SWIR (IR-B) o vlnové délce 1,4-3  $\mu\text{m}$
- IR střední vlnové délky neboli MWIR (IR-C) o vlnové délce 3-8  $\mu\text{m}$
- IR dlouhé vlnové délky neboli LWIR (IR-C), 8-15  $\mu\text{m}$
- Vzdálené infračervené záření neboli FIR o vlnové délce 15-1000  $\mu\text{m}$

Infračervenými senzory snímáme:

- vyzařování infračervených paprsků z povrchu pozorovaného objektu
- odražené záření z povrchu sledovaného objektu, kterému je dodávána energie z vnějšího zdroje (např. infrazářič, laser) [7]

Vyzařované nebo odražené infračervené záření povrchu sledovaného objektu se převádí na obrazový signál, který se zobrazí na monitoru. Na monitoru je obraz složený z mnoha odstínů, z nichž každý znamená určitý teplotní rozsah. Z vyhodnocení obrazu lze získat řadu informací o různých jevech, související ze změnou teploty. [1]

Snímací kamery pracují buď na principu tepelných snímačů, kde při absorpci fotonů dochází k oteplení citlivé části snímače a následně je pohlcená energie vyhodnocena nepřímo přes snímače teploty nebo jako kvantové snímače s vyhodnocením IR záření přes fotoelektrický jev v polovodičích. [1]

Obrazový záznam umožňuje okamžité zachycení teplotních polí využitím citlivosti speciálních fotografických emulzí na různé vlnové délky dopadajícího IR záření. [1]

Na snímání v daleké infračervené oblasti se používají složité detektory, zachycující vlastní IR záření těles s teplotou vyšší než absolutní nula. Snímané záření je převáděno na elektrický signál, který je poté digitalizován. Senzory musí být chlazené pod teplotou snímaného objektu, aby se přístroj nezahřel vlastním tepelným zářením.

[1]

U automobilových asistenčních systémů se infračervené snímače používají k monitorování prostoru před vozidlem za zhoršených podmínek viditelnosti (déšť, tma, mlha, sněžení). Dění před vozidlem, které je snímáno těmito snímači, se zobrazuje na obrazovce v kabině řidiče. Infračervené kamery mají také využití při monitorování stavu řidiče. [1]

### **System nočního vidění Night Vision**

Při použití konvenčních tlumených světel je v noci vidět do vzdálenosti přibližně 40 metrů. Překážky a jiná nebezpečí proto často nejsou včas rozpoznány, zvláště když nejsou osvětlené nebo jsou osvětlené jen málo. Dálková světla osvětlí vozovku na vzdálenost až 150 metrů, ale rovněž oslňují protijedoucí vozidla. [8]

System Night Vision, aktivní infračervený system nočního vidění umožňuje řidiči vidět přibližně třikrát dále než je možné s konvenčními tlumenými světly – bez oslňování protijedoucích vozidel. Dva infračervené světlometry osvětlují vozovku světelnými paprsky, které jsou pro lidské oko neviditelné. Videokamera za čelním sklem zaznamenává situaci na vozovce. Pomocí elektronické řídicí jednotky jsou data obrazu přenášena na displej ve sdruženém přístroji nebo na hlavní displej. Displej ukazuje řidiči jasný černobílý obraz situace na vozovce. [8]

System Night Vision plus nabízí řidiči pravdivý obraz vozovky před vozidlem a tudíž poskytuje cenné informace o směru vozovky, zranitelných účastnících silničního provozu a o překážkách na vozovce a podél ní. Když system rozpozná chodce, na obraze nočního vidění je zřetelně zvýrazní. System Night Vision plus upoutává pozornost řidiče k potenciálním rizikům. Řidiči to umožňuje provést včas příslušnou akci, což výrazně snižuje riziko nehody postihující chodce. [8]



Obr. 1.3 Systém nočního vidění od společnosti Bosch



Zdroj: [<http://www.autoevolution.com/news/bosch-night-vision-plus-identifies-pedestrians-13270.html>]

## 1.4 Radarové senzory

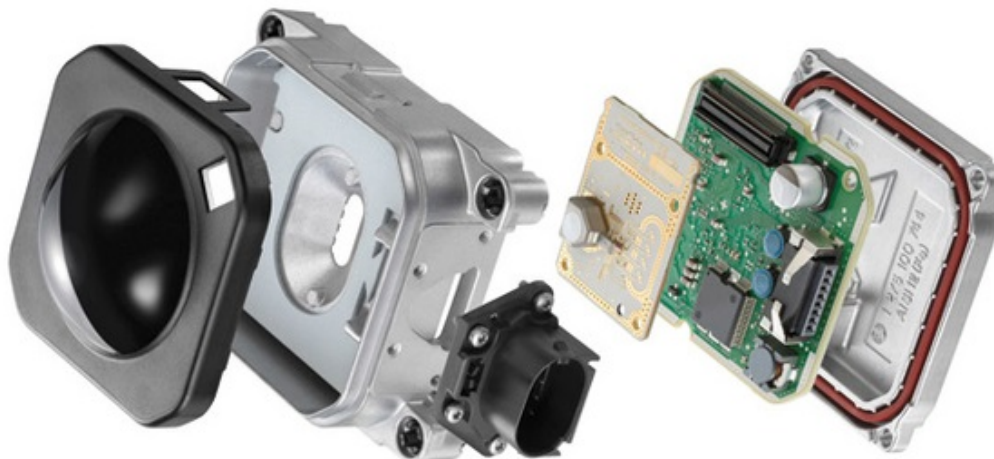
Radar (z anglického Radio Detecting and Ranging) je zařízení, které detekuje předměty za pomoci vysílání velmi krátkých elektromagnetických vln a následně příjmu vln odražených. Vzdálenost hledaných předmětů se určuje podle interference vysílaných vln s odraženými vlnami. [1]

Důležitým jevem při radiolokaci je Dopplerův jev, projevující se tím, že pokud mají pozorovatel a pozorovaný objekt vůči sobě nenulovou rychlost, tak frekvence vlnění zjištěná pozorovatelem je jiná než frekvence vln pozorovaného objektu. V praxi se tohoto jevu využívá u silničních radarů pro měření rychlosti projíždějících vozidel. [1]

U asistenčních systémů se radar používá ke zjišťování a regulaci odstupu jedoucích vozidel. Radar k tomuto určený pracuje ve frekvenčním pásmu od 76 do 77 GHz, které je na celém světě schváleno pro automobilové účely. Vysílané vlnové svazky se odráží od povrchu pozorovaného objektu a jsou přijímány radarem, kde jsou poté porovnávány s vysílaným signálem po stránce času a frekvence. Jeho konstrukce

antény umožňuje dosah detekce až 250 m a zorné pole až 30 stupňů. Změnou clony čočky může být zorné pole upraveno až na 45 stupňů. [1][8]

*Obr. 1.4 Radarový senzor Bosch dlouhého dosahu LRR3*



*Zdroj: [http://www.elektroniknet.de/automotive/assistentssysteme/]*

## **1.5 Laserové senzory**

Laser je akronym anglického názvu Light Amplification by Stimulation Emission of Radiation, tj. „zesilování světla stimulovanou emisí záření“. Dle definice jde o optický zdroj elektromagnetického záření tj. světla. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku, na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické, z toho tedy vyplývá, že laser je optický zdroj emitující fotony v koherentní paprsek. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky. [9]

Lidar (Light Detection and Ranging) pracuje na stejném principu jako radar. Na rozdíl od něj ale používá laserové paprsky vysílané laserovou diodou. Pulsně vysílané paprsky se odrážejí od vpředu jedoucího vozidla. Doba mezi vysláním a přijetím odraženého paprsku je přímo úměrná vzdálenosti objektu od snímače. Pro možnost dvojrozměrného řešení je vysílaný paprsek vychylován rotujícím hranolem, čímž se

v jedné rovině získá rozsah 360°. Na rozdíl od radaru používá lidar mnohem užší paprsek, což vede k přesnějšímu měření. Má také oproti radaru vyšší rozlišovací schopnost. [1]

*Obr. 1.5 Laserový snímač a jeho umístění pod světlometem*



Zdroj: [[http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek\\_iranyitasa\\_angol/mathch03.html](http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/mathch03.html)]

Stejně jako radary, lidary pracují ve frekvenčním rozsahu od 76 do 77 GHz. Také se nově vyrábí pro práci ve frekvenčním rozsahu okolo 24 GHz. Tyto systémy lze vyrobit levněji, takže mohou být uplatněny i u vozidel nižších cenových tříd. [1]

Dalším zařízením využívající laserový senzor je Closing Velocity Sensor (neboli CV – Sensor), který vyhodnocuje informace o vzdálenosti a rychlosti objektu ve směru jízdy vozidla. Na základě těchto informací mohou být aktivovány zádržné systémy. CV – Sensor může také zjistit intenzitu možného nárazu a dle těchto informací aktivovat potřebné systémy (např. airbag). CV – Sensor vysílá kódované laserové paprsky před vozidlo, které se odrážejí od objektů. Výsledné informace jsou vyhodnocovány dekodérem. [1]

Obr. 1.6 Closing Velocity senzor – vlevo, jeho umístění – vpravo



Zdroj: [<http://www.designfax.net/news/archive/06-26-2007/stories/feature-5.asp?rid=%7B%7B%7Bemailaddress%7D%7D%7D>]

## 1.6 Ultrazvukové senzory

Senzory tohoto typu pracují na vyhodnocování ultrazvukového paprsku emitovaný vysílačem. Hlavním poznatkem, díky kterému se využívá ultrazvuk, je ten, že ultrazvukové vlny se v prostoru odrážejí od předmětů. Zařízení, které využívá ultrazvuk pro detekování předmětů, se nazývá sonar (Sound Navigation and Ranging). [1]

Princip práce ultrazvukových senzorů je měření času od vyslání zvukového signálu do příjmu jeho odraženého signálu od objektu. V závislosti na naměřeném čase se vypočte vzdálenost od objektu. [1]

Většina materiálů odráží zvukové vlny a díky tomu je možné je bez problémů detekovat. Objekt může mít jakoukoliv barvu a tvar, lze změřit i objekty o průměru 0,7 mm. Ovšem některé materiály dokáží pohltit zvukové vlny (např. pěnová guma) a lze je detekovat pouze v omezeném rozsahu vzdáleností. [1]

Obr. 1.7 Ultrazvukový senzor



Zdroj: [[http://products.bosch-mobility-solutions.com/media/ubk\\_europe/db\\_application/stage\\_components/comfort/Ultrasonic-sensor\\_486x250.jpg](http://products.bosch-mobility-solutions.com/media/ubk_europe/db_application/stage_components/comfort/Ultrasonic-sensor_486x250.jpg)]

Senzory mohou být upevněny libovolně, záleží především na poloze snímaného objektu. Vysílaný zvukový paprsek lze směřovat za pomoci směrových ploch, ale za cenu snížení maximální vzdálenosti jeho dosahu. Ultrazvukový signál vysílaný senzorem bývá kódován, aby nezpůsobil rušení. Frekvence signálu bývá nejčastěji ve stovkách kHz. [1]

U automobilových asistenčních systémů se ultrazvukových senzorů využívá u systémů usnadňujících parkování. Ultrazvukové senzory u těchto systémů zajišťují kontrolu prostoru okolo celého vozidla. Zpracovaná data se zobrazují buď na LCD obrazovce nebo je řidič upozorňován LED diodami nebo akusticky. Při kontrole prostoru za vozidlem se systém zapíná pouze při zařazení zpětného chodu. [1]

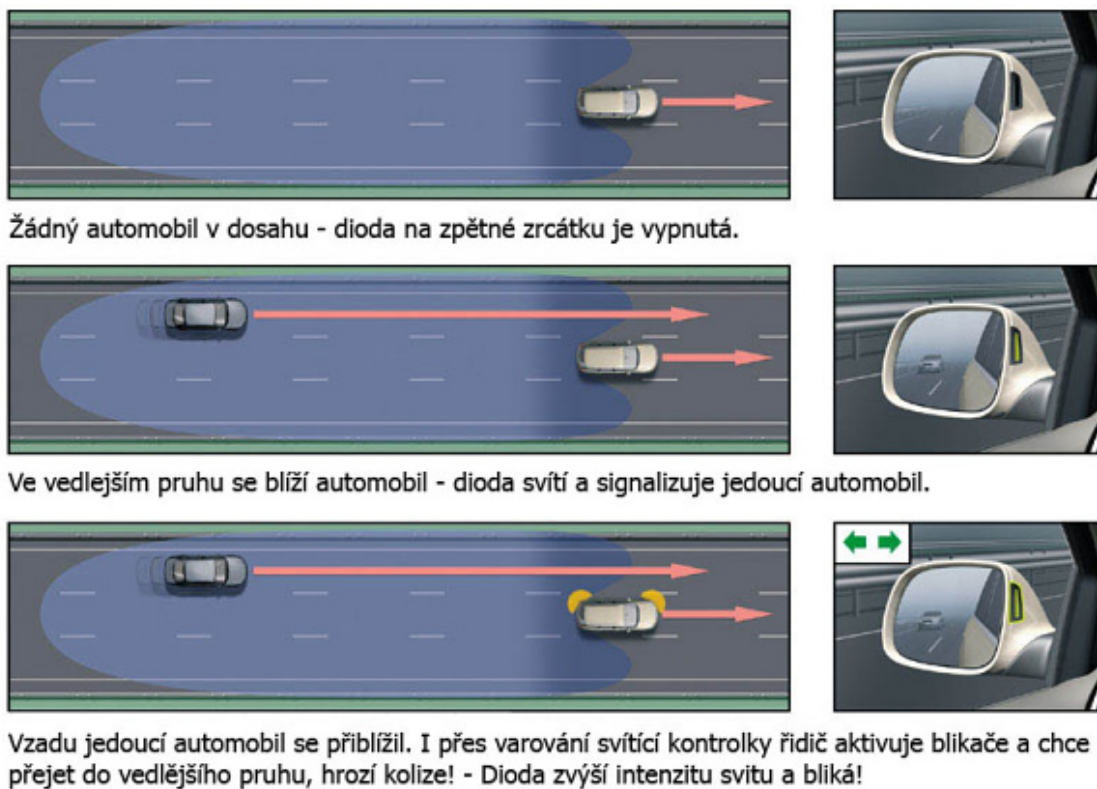
### 1.6.1 Asistent bočního pohledu

Asistent bočního pohledu je systém založený na ultrazvuku, který slouží ke sledování mrtvého úhlu. Upozorňuje účinně řidiče na blížící se vozidla skrytá v mrtvém úhlu. [8]

Stejně jako u funkcí pomoc při parkování a parkovací asistent, i u funkce asistent bočního pohledu slouží ultrazvukové snímače jako elektronické oči. Dva snímače na každé straně vozidla – s dosahem tří metrů podélně a diagonálně k zadní části vozidla – monitorují prostor v sousedním jízdním pruhu a umožňují tak systému přesně pokrýt nebezpečný mrtvý úhel. Pokud se v monitorované oblasti objeví další vozidlo, řidič je upozorněn na potenciální nebezpečí prostřednictvím kontrolky LED umístěné v bočním zrcátku. Pokud si řidič této výstrahy nepovšimne nebo ji ignoruje a zapne ukazatele směru s úmyslem změnit jízdní pruh, systém může rovněž spustit zvukovou výstrahu. Systém rozpozná stacionární objekty na vozovce nebo podél ní – jako zábradlí, stožáry nebo zaparkovaná vozidla, jakož i řidičovy vlastní manévry bezpečného předjíždění – a v takovém případě nespustí výstrahu. [8]

Asistent bočního pohledu je aktivní při rychlostech mezi 10 a 180 km/h. Systém pomáhá řidiči ve složitých dopravních situacích i při nízkých relativních rychlostech a usnadňuje řízení, zvláště v městském provozu a na vícepruhových silnicích. [8]

*Obr. 1.8 Znárodnění funkce Asistentu bočního pohledu*



Zdroj: [[http://www.autolexicon.net/obr\\_clanky/cs\\_audi\\_side\\_assist\\_002.jpg](http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_audi_side_assist_002.jpg)]

## 1.6.2 Výhody a nedostatky ultrazvukových senzorů

Výhodou tohoto snímače je detekce transparentních a lesklých předmětů, nehraje roli barva povrchu, poskytuje informaci za jakéhokoli počasí. Jeho výroba i montáž je jednoduchá. Aktivní plocha měniče kmitá, a zabraňuje tak usazování suchého prachu a nečistot. [12]

Má však i některé nedostatky ve srovnání s jinými typy. Nedetekuje tlumící materiály, je omezen rychlostí proudění vzduchu a má delší dobu odezvy a širší prostorový úhel paprsku. Při krátké detekční vzdálenosti se však kužel ultrazvukové vlny do širokého prostoru nerozevře – např. na vzdálenosti 500 mm je průměr ozářené plochy asi 40 mm. [12]

Další nevýhodou ultrazvukového čidla může být závislost rychlosti šíření ultrazvuku na teplotě prostředí (vzduchu). Na malé vzdálenosti se také v obvyklých podmínkách nevyskytují výrazné teplotní gradienty, proto k odstranění teplotní závislosti stačí vestavěná kompenzace teploty, která bývá standardní součástí většiny ultrazvukových čidel. [12]

## 1.7 Videosenzory

Videokamera zaznamenává obraz okolí vozidla. Objekty zjištěné v okolí vozidla můžeme rozdělit na jiná vozidla, dopravní značky, značení vozovky. Pomocí videokamery systém dostává dodatečné informace o okolí vozidla. Asistenční systémy, u kterých je videosenzoriky využito, jsou například rozpoznávání jízdní stopy nebo rozšíření ACC o plně automatické rozjíždění vozidla po zastavení v dopravní kongesci. [1]

Asistenční systémy s videosenzorikou zlepšují významně bezpečnost silničního provozu. Jelikož jsou všechny důležité informace vnímány očima, můžeme předpokládat, že v budoucnosti budou hrát videosenzory klíčovou roli u asistenčních systémů. V zadní části vozidla videosenzorika pomáhá zejména u parkovacích asistentů. [1]

Vysoce účinná kamera může mít kromě funkce rozpoznávání dopravních značek a jiných vozidel rovněž podpůrnou funkci pro noční vidění nebo rozeznávání překážek v jízdním pruhu. [1]

U digitálních videokamer se v současné době využívá dvou technologií čipů snímajících obrazové informace. Jde o technologie CCD a CMOS. [1]

CCD (Charge-Coupled Device) snímače jsou používány v kamerách už více než 20 let a mají oproti CMOS snímačům řadu výhod, mezi které patří například lepší světelná citlivost. Lepší světelná citlivost se projeví v lepší kvalitě obrazu při špatném osvětlení. CCD snímače jsou ale dražší, protože se vyrábí nestandardním procesem a je složitější zabudovat je do kamery. Pokud se v záběru objeví velmi světlý objekt (jako přímé sluneční světlo), může se CCD snímač částečně roztéct, což vytvoří pruhy pod a nad objektem. Tomuto jevu se říká skvrna (smear). [1]

Pokroky v technologii CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) snímačů je kvalitou obrazu přiblížily CCD snímačům, ale stále nejsou vhodné pro kamery, od kterých požadujeme nejvyšší možnou kvalitu obrazu. CMOS snímače umožňují nabídnout nižší cenu za kameru, protože obsahují vše, co je potřeba pro vytvoření kamery kolem nich. Umožňují vytvořit menší kamery. K dispozici jsou velké snímače, které přináší megapixelová rozlišení kamerám. [13]

Senzory CMOS oddělují velmi světlé vlny od pozadí a vytváří tak celkový obrázek bez přesvětlení. Z tohoto důvodu se kamera se snímačem CMOS hodí pro použití do automobilu. [1]

### **1.7.1 Stereovideokamera**

Pomocí stereovideokamery mohou výrobci vozidel využít různé asistenční funkce zvyšující bezpečnost a jízdní komfort, a to s pomocí jediného senzoru. Zároveň je tak možné vyhovět neustále se zvyšujícím bezpečnostním standardům požadovaných zákonodárci a organizacemi na ochranu spotřebitelů. [14]

Stereokamera nabízí přizpůsobitelnou platformu, která spojuje osvědčené funkce monokamery s výhodami trojrozměrné (3D) detekce okolí. Různé mono- a stereokamery přitom využívají stejnou, softwarově a hardwarově přizpůsobitelnou



architekturu. Rozsah funkcí samotné stereokamery tak lze ve velké míře přizpůsobit přáním zákazníků. [14]

Oba čipy CMOS stereokamery, které zajišťují zpracování obrazu, mají rozlišení 1 280 x 960 pixelů. Pomocí výkonného systému čoček zaznamenává kamera horizontální viditelnou oblast v úhlu 45 stupňů s dosahem 3D měření více než 50 metrů. Obrazové senzory s vysokou světelnou citlivostí dokážou zpracovávat velké kontrasty a pokrývají tak vlnové spektrum viditelné člověkem. [14]

Použití stereokamery nabízí množství funkcí, díky kterým je jízda bezpečnější a komfortnější. Patří mezi ně automatické nouzové brzdění, asistent pro jízdu v dopravních zácpách a pro jízdu na stavbě, adaptivní regulace vzdálenosti a rychlosti (ACC), inteligentní regulace předních světel, varování při opuštění jízdního pruhu, asistent pro udržování vozidla v jízdním pruhu a také rozpoznávání dopravního značení. Kompletní trojrozměrný záznam okolí vozidla je také základem pro budoucí automatizované jízdní funkce. [14]

*Obr. 1.9 Stereovideokamera*



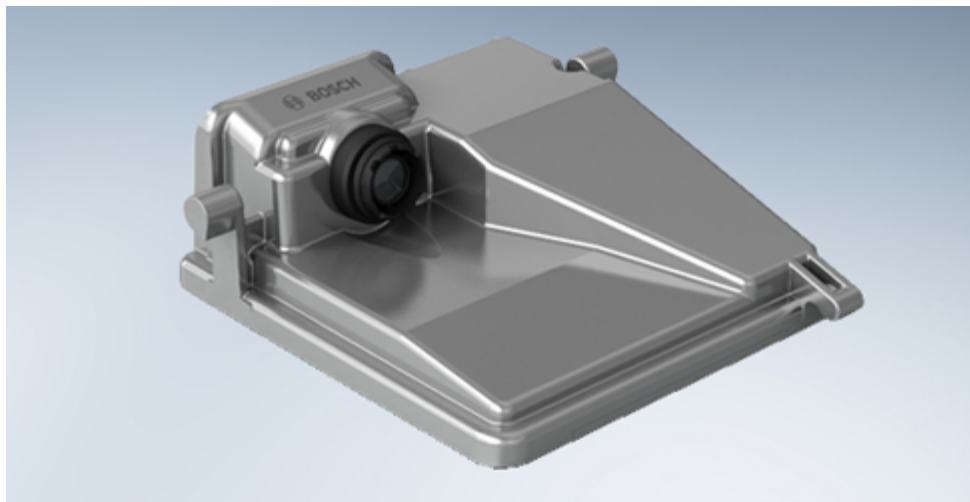
*Zdroj: [14]*

## 1.7.2 Víceúčelová kamera

Víceúčelová kamera (MPC) je odstupňovaná platforma pro funkce asistence řidiči založené na videu, která může být optimalizována pro různá použití. Její moderní optický systém přenáší obraz na snímač CMOS s vysokým dynamickým rozsahem. Analogový/digitální převodník převádí intenzitu a barvu světla na elektrický signál obrazu. Tento signál se dále zpracovává vysoce výkonným mikroprocesorem integrovaným do pouzdra kamery. Tento integrující přístup nevyžaduje samostatnou řídicí jednotku. [15]

Víceúčelová kamera byla vyvinuta pro aplikace zajišťující bezpečnost a komfort, jako je systém výstrahy před opuštěním jízdního pruhu a podpory dodržování jízdního pruhu, inteligentní ovládání světlometů, rozpoznání dopravních značek a detekce a ověření předmětů a zlepšuje funkce založené na radaru, jako je adaptivní tempomat (ACC) a prediktivní systém nouzového brzdění, výstraha hrozící srážky a detekce ospalosti řidiče. [15]

*Obr. 1.10 Víceúčelová kamera*



*Zdroj: [15]*

## **1.8 Přehled vybraných bezpečnostních systémů**

### **1.8.1 Volvo City Safety – nouzové brzdění**

City Safety je funkce, která napomáhá řidiči vyvarovat se kolize při jízdě v dopravních zácpách, mimo jiné při změnách dopravní situace před vozem kombinované s poklesem pozornosti, což by mohlo vést k nehodě. [16]

Funkce je aktivní při rychlostech do 50 km/h. Pomáhá řidiči automatickým brzděním vozidla v případě bezprostředního rizika srážky s vepředu jedoucimi vozidly, pokud řidič nereaguje včas brzděním nebo otočením volantu. Systém se aktivuje v situacích, kdy má řidič začít brzdít. Proto nemůže pomoci řidiči v každé situaci. Nastaven je tak, aby se aktivoval co možná nejpozději, aby se předešlo zbytečným zásahům do řízení. [16]

Funkce systému City Safety nemůže být používána jako náhrada činnosti řidiče. Pokud by se řidič plně spolehl jenom brzdění pomocí funkce City Safety, došlo by dříve či později k nehodě. Řidič nebo spolujezdci normálně zaznamenají funkci systému pouze tehdy, pokud je vůz bezprostředně ohrožen kolizí. Pokud je vůz vybaven také funkcí varování před kolizí s automatickou aktivací brzd, pak se tyto dva systémy vzájemně doplňují. [16]

### **1.8.2 City Safety – omezení**

Laserový snímač systému City Safety je určen k detekování osobních vozidel a dalších velkých vozidel před vozem, bez ohledu na to, zda je den nebo noc. Tato funkce má však jistá omezení. [16]

Omezení snímače znamená, že systém funguje s omezením nebo nefunguje vůbec, např. v hustém sněžení nebo dešti, mlze, prашných bouřích nebo sněhových vánicích. Mlha, nečistota, led nebo sníh na čelním okně mohou rovněž rušit jeho funkci. Funkci omezují nízko zavěšené předměty (např. vlajka nebo praporek na vyčnívajícím nákladu), nebo příslušenství jako např. přídatné světlomety a ochranné roury, které jsou vyšší než kapota. [16]

Laserový paprsek měří odraz světla. Snímač není schopen zjistit předměty s malou schopností odrážet světlo. Zadní části vozidel všeobecně dostatečně odrážejí světlo díky poznávací značce a reflektorům zadních světel. [16]

Na kluzkých površích se brzdná dráha prodlužuje, což může snížit schopnost systému odvrátit kolizi. Za těchto situací poskytuje nejlepší brzdný účinek a stabilitu systém ABS a ESC. Pokud vozidlo couvá, funkce je dočasně deaktivována. Systém se také neaktivuje při nízkých rychlostech - pod 4 km/h, proto systém nezasáhne v případech, kdy se vozidlo vpředu přibližuje velmi pomalu, např. při parkování. [16]

Příkazy řidiče mají vždy přednost, proto City Safety nezasáhne v situacích, kdy řidič evidentním způsobem otáčí volantem nebo zrychluje, a to i v situaci, kdy je kolize neodvratná. Pokud systém zabránil kolizi se stojícím objektem, zůstane vozidlo v klidu maximálně 1,5 sekundy. Pokud je vozidlo zbrzděno před jiným vozidlem, které se pohybuje, bude rychlost snížena na stejnou rychlost, jakou se pohybuje vozidlo jedoucí vpředu. [16]

U vozidel s manuální převodovkou se při zastavení vozidla systémem City Safety zastaví motor, pokud řidič nestačí před tím sešlápnout spojkový pedál. [16]

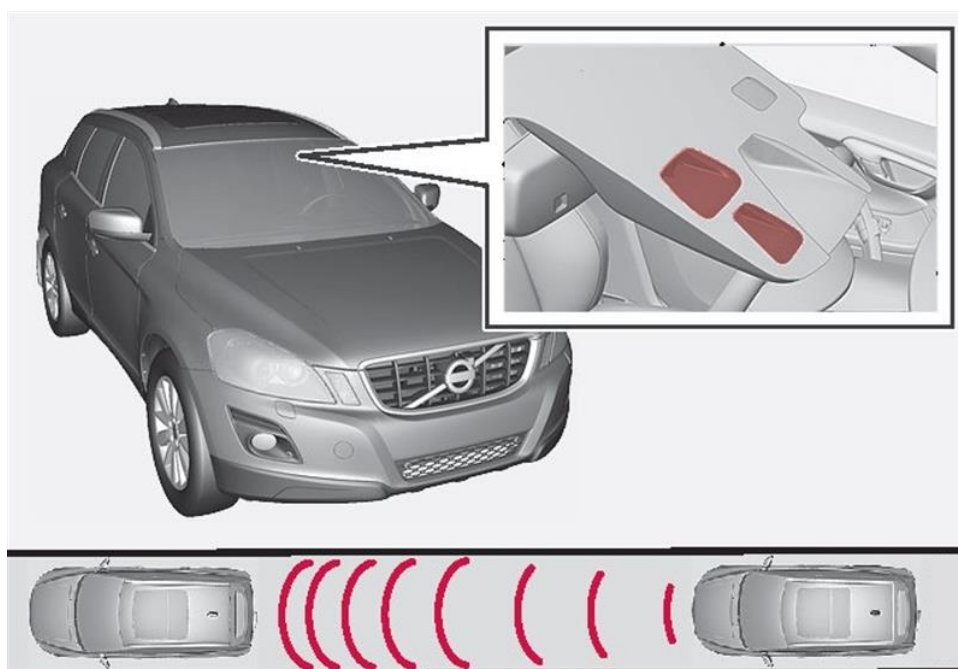
### **1.8.3 Funkce**

Systém City Safety sleduje dopravní situaci před vozidlem pomocí laserového senzoru, který je umístěn v horní hraně čelního okna. Pokud bezprostředně hrozí kolize, systém vůz automaticky přibrzdí - tento zásah můžete vnímat jako prudké zabrzdění. [16]

Pokud je rozdíl rychlosti vzhledem k vozidlu jedoucímu vpředu 4-15 km/h, může systém zcela zabránit kolizi. Systém aktivuje krátké intenzivní brzdění a za normálních okolností zastaví vozidlo těsně za vozidlem vpředu. Takovým stylem většina řidičů nejezdí a může to pro ně být nepříjemné. Pokud je rozdíl rychlostí mezi vozidly vyšší než 15 km/h, nemusí sám o sobě systém zabránit kolizi. Aby bylo dosaženo plného brzdného účinku, musí řidič sešlápnout brzdový pedál. Tímto způsobem je pak možné zabránit kolizi při rozdílech rychlostí vyšších než 15 km/h. [16]

Když je funkce aktivována a brzdí, na sdružené přístrojové desce se objeví textová zpráva, že funkce je/byla aktivní. [16]

Obr. 1.11 Vysílač a přijímač laserového senzoru v čelním okně



Zdroj: [<http://support.volvocars.com/cz/cars/pages/owners-manual.aspx?mc=Y285&my=2015&sw=14w46&article=dd6573f2f78e6d8cc0a801e80056a4b5>]

#### 1.8.4 Laserový senzor

V následující tabulce jsou specifikovány fyzikální údaje laserového senzoru.

Tab. 1

Maximální energie impulsu	2.64 $\mu$ J
Maximální výstupní výkon	45 mW
Trvání impulsu	33 ns
Divergence (vodorovně x svisle)	28° $\times$ 12°

## 1.9 Systémy pro varování před opuštěním jízdního pruhu

Výstražné systémy opuštění jízdního pruhu mají za cíl varovat řidiče vozidla, pokud vozidlo začíná vybočovat ze středu jízdního pruhu. K tomuto účelu se využívá různých optických systémů určující polohu vozidla v jízdním pruhu. Nejčastěji je využívána kamera umístěná ve vnitřním zpětném zrcátku, která neustále sleduje vozovku a zaznamenává polohu vozidla ve vztahu ke značení jízdních pruhů. Dalším řešením je využití infračervených senzorů na podlaze vozidla. Například systém Bosch používá malou kameru zabudovanou v oblasti čelního skla. Kamera rozezná značení jízdního pruhu i nezpevněné krajnice na vedlejších úsecích. [3]

### 1.9.1 Základní funkce systému

Systémy, označované například jako Lane Departure System (LDS), případně Lane Assist (LA) či Lane Keeping Assist (LKA), varují řidiče před nechtěným opuštěním jízdního pruhu nebo také mohou po určitou dobu samy jízdní pruh udržovat, pokud řidič neprovádí zásahy pro vyrovnání do správného směru. Systém má varovat řidiče, případně řídit, pokud začne opouštět jízdní pruh a nemá aktivovanou signalizaci změny směru jízdy. [17]

Primárně jsou tyto systémy určeny k použití na komunikacích dálničního typu a dobře značených komunikacích 1. třídy. Systém sleduje vodorovné značení na komunikaci a funguje v případě, že linie značení rozezná (bez ohledu na to zda je den či noc) a v případě, že rychlost vozidla přesahuje určitou hodnotu. Systém za splnění výše uvedených podmínek funguje samozřejmě i na komunikacích nižších tříd. Řidič může systém kdykoliv zapnout a vypnout, o zapnutí a o aktivaci systému ho informuje příslušná signalizace. [17]

#### Lane Assist

Zkoumaný systém začala pod názvem Lane Assist používat značka Škoda ve třetí generaci vozu Octavia. Základem systému je černobílá multifunkční kamera, umístěná v modulu vnitřního zpětného zrcátka. Jak název napovídá, kamera není určena

pouze pro jeden systém. Může se stát základem i pro další bezpečnostní a asistenční systémy, například pro rozpoznávání značek. [17]

*Obr. 1.12 Monochromatická multifunkční kamera – Škoda Octavia 3. generace*



*Zdroj: [http://www.skoda-auto.cz/models/nova-octavia/asistencni-systemy]*

Systém má dvě základní funkce, mezi kterými je možné přepínat. První funkce je taková, že systém zasáhne v případě, kdy se vůz přiblíží k čáře dopravního značení. Druhá možnost je adaptivní vedení v jízdním pruhu, kdy je dopravní značení hlídáno neustále a automobil je veden v jízdním pruhu v dané vzdálenosti od krajní a středové čáry. V tomto případě se systém dokáže rychle naučit stopu, kterou řidič zvolí a může tedy dráhu udržovat blíže k jedné z čar. [17]

Aktivování zapnutého systému nastane při rychlosti 65 km/h a vyšší, deaktivace nastává při rychlosti 60 km/h a menší. Pokud je systém aktivní, ale nejsou splněny podmínky funkce, svítí na palubních přístrojích žlutá kontrolka. Aktivní systém je pak signalizován kontrolkou zelenou. Funkce systému je možné zobrazovat na displeji integrovaný v přístrojové desce. [17]

Lane Assist sleduje na komunikaci pole ve vzdálenosti 30 – 60 m před vozidlem. Funkce systému je nastavena tak, aby uměl sám vést vozidlo po dobu 10 s. Pokud řidič během této doby zasáhne do řízení, pak se tento limit průběžně obnovuje. Pokud systém rozpozná, že sám vede vozidlo po dobu delší, zazní zvukové varování a na displeji sdruženého přístroje se objeví grafika s upozorněním pro převzetí řízení. Poté se systém deaktivuje. Varovný zvuk, který vychází z přístrojové desky, dosahuje maximální hlasitosti 80 dB (ve vzdálenosti 20 cm). V závislosti na rychlosti jízdy se hlasitost dále upravuje. [17]

Pro systém je platné omezení, že je funkční pouze do bočního zrychlení  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Tomuto zrychlení vždy odpovídá nějaká kombinace rychlosti a směrového oblouku, který je systém schopen regulovat a projet. Pomocí vzorce pro dostředivé zrychlení

$$\alpha_d = v^2 / r$$

je možné si odvodit, jaké jsou minimální poloměry vhodného směrového oblouku pro různé rychlosti. Například pro rychlost  $100 \text{ km/h}$  je minimální poloměr směrového oblouku pro funkci systému  $386 \text{ m}$ . Pro rychlost  $65 \text{ km/h}$  vychází poloměr oblouku  $163 \text{ m}$  a například pro  $150 \text{ km/h}$  je poloměr  $868 \text{ m}$ . Vliv má ovšem i příčný sklon vozovky. [17]

Obr. 1.13 Lane Assist – Škoda Superb



Zdroj: [[http://www.auto-mania.cz/wp-content/uploads/2015/04/skoda-superb-Line\\_Assist.jpg](http://www.auto-mania.cz/wp-content/uploads/2015/04/skoda-superb-Line_Assist.jpg)]



## **Pracovní místa na pozemních komunikacích**

Systém také umí rozpoznat žluté a bílé vodorovné dopravní značení. Díky tomu umožňuje vedení automobilu i v pracovních místech. Tato schopnost byla podrobena i testům během jízdy po dálnici. V pracovních místech byly prověřeny následující body:

- rozeznání bílého a přechodného žlutého značení
- regulování nájezdu do pracovního místa v dovolené rychlosti
- dostatečnost vodorovného dopravního značení v pracovních místech
- ovlivnění systému mokrou vozovkou, případně odrazem slunce (oslnění)

Během zkušebních jízd se potvrdilo, že systém umí žluté a bílé značení rozlišit bez problémů. I v místech, kde bylo více čar, než jen jedna bílá a jedna žlutá, systém nezaváhal a vedl vůz ve správném jízdním pruhu a při přiblížení k žluté čáře se snažil rovnat dráhu do správného směru. [17]

Obecně lze říci, že značení při průjezdech stavebních zóny bylo dostatečné pro funkci systému. Pouze krátké úseky, kde bylo značení hodně opotřebované, poškozené nebo velmi nedbale (nakřivo) umístěné, systém zmátly a na chvíli deaktivovaly. [17]

Na základě zkušeností z testování i na základě konzultací s výrobcem systému lze doporučit informovat řidiče o tom, že systém nemusí být při průjezdu pracovními místy plně funkční. Správce komunikace je nutné upozornit na nové technologie v moderních vozidlech a požadovat změny ve způsobu značení pracovní místa na pozemních komunikacích tak, aby nové systémy ve vozidlech byly schopny řádné funkce a mohly na změny ve vedení jízdních pruhů reagovat. Elektronickým systémům v automobilech patří budoucnost, ale bez synergie s dopravní cestou by byl jejich vývoj zbytečný. Provedení pracovních míst na pozemních komunikacích řeší Zásady pro označování pracovních míst na pozemních komunikacích (TP 66). V nich bohužel není uvedeno, jaký poloměr mají mít oblouky v nájezdu do pracovních míst. [17]

Při průjezdu stavebními zónami na dálnici se také sledoval vliv počasí na funkci. Výsledky pozorování by se obecně daly použít i na chování systému mimo stavební zóny v běžném režimu, protože se v chování vůči bílým nebo žlutým čarám vodorovného značení nezpozoroval rozdíl. Při testování byla v době průjezdů na

určitých místech vlhká vozovka a ranní slunce se ve vozovce často silně odráželo. Při jízdě se zjistilo, že systém často „vidí“ značení lépe, než samotný řidič. V určitých místech byl ale již jas příliš velký a systém značení už nerozeznal. [17]

Přestože se při testování narazilo na dálnicích nebo rychlostních komunikacích na místa, kde značení bylo již velmi opotřebované, systém i v takových místech zbytky vodorovného dopravního značení správně rozeznával. Vyskytla se i místa, kde již systém ani za klimaticky příznivých podmínek značení nerozeznal. V těchto případech ale byla dostatečná viditelnost krajní vodící čáry, podle které systém vozidlo mohl vést a zabránit vyjetí do svodidel ve středovém pásu, ale nebyl schopen rozpoznat dělicí čáru mezi jízdními pruhy. [17]

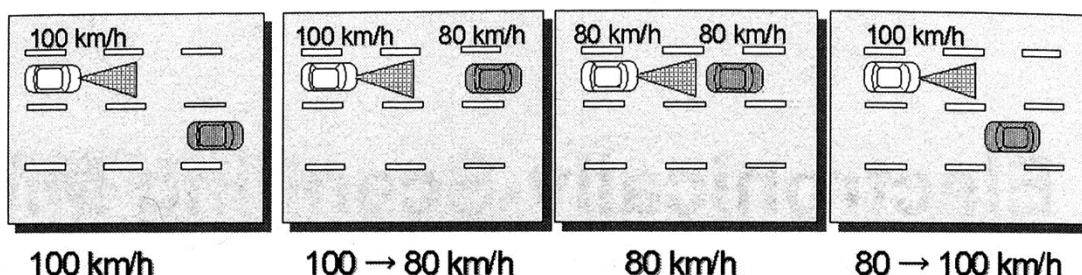
Je zřejmé, že systémy pro držení jízdního pruhu jako dobrý pomocník jistě poslouží méně zkušeným řidičům, kteří by systém určitě ocenili při řízení vozidla ve stísněných poměrech. Pro správnou funkci systému Lane Assist je ale potřeba přizpůsobit a udržovat vodorovné dopravní značení. Pokud je značení provedeno správně, pak nemá systém potíže s rozeznáním bílých a žlutých čar a s vedením vozidla podle přechodného vodorovného značení. Méně zkušení řidiči tak mohou v pracovním místě (pokud je to povoleno) předjíždět pomaleji jedoucí vozidla (např. kamiony) a využít systém, který hlídá odstup od bočních čar. Co se týká nájezdů do pracovních míst, je nutné, aby bylo značení v nájezdu provedeno plynule, bez zlomů. [17]

## 1.10 ACC – Adaptivní tempomat

Adaptivní tempomat (ACC - Adaptive Cruise Control) je podobný klasickému tempomatu s tím rozdílem, že je vozidlo vybaveno senzorem snímajícím vzdálenost od vpředu jedoucího vozidla. Elektronika adaptivního tempomatu dokáže samočinně přibrzdit a posléze zase zrychlit na nastavenou rychlost podle dopravní situace před vozidlem, díky čemuž dodržuje bezpečnou vzdálenost od vozidla. [18]

Adaptivní tempomat ACC dokáže na rozdíl od klasického tempomatu nejen udržovat rychlost, varovat řidiče pře hrozící kolizi nebo v případě nutnosti vozidlo připravit k intenzivnímu brzdění. ACC umí hlídat bezpečnou vzdálenost mezi vozidly, kterou určuje z momentální rychlosti. Velikost udržovaného rozestupu lze podle potřeby nastavit v různých úrovních. [18]

Obr. 1.14 Funkce adaptivního tempomatu



Zdroj: [18]

- I. Vozidlo má volnou cestu – ACC udržuje nastavenou rychlost vozidla
- II. Před vozidlem se objeví pomalejší vůz – ACC sníží rychlost
- III. Vozidlo následuje jiný vůz – ACC přizpůsobilo rychlost vozidlu vpředu
- IV. Vozidlo má opět volnou cestu – ACC zrychlí na nastavenou rychlost

### 1.10.1 Výhody adaptivního tempomatu ACC

Adaptivní tempomat přináší do automobilové dopravy řadu nesporných výhod a ulehčení. Mezi nejvýraznější lze zařadit:

## **Snížení zátěže řidiče**

Adaptivní tempomaty snižují zatížení řidiče, protože udržují bezpečnou vzdálenost od vozidla jedoucího vpředu a dodržují nastavenou rychlost, například při jízdě městem, se řidič nemusí starat o překročení povolené rychlosti, také v hustém provozu na dálnicích nemusí stále přizpůsobovat rychlost a styl jízdy dopravě a může se plně věnovat řízení. Díky tomu se prodlužuje soustředěnost řidiče. [18]

## **Udržování a přizpůsobení rychlosti**

Adaptivní tempomaty udržují nastavenou rychlost jízdy. V případě detekce pomaleji jedoucího vozidla ve stejném jízdním pruhu, toto vozidlo dojedou a přizpůsobí mu rychlost jízdy. ACC, které spolupracují s GPS navigací, dokonce upraví rychlost při jízdě v zatáčkách a na výjezdech. [18]

## **Komfortní jízda**

Adaptivní tempomat zvyšuje bezpečnost a pohodlí jízdy. Výrazně se zjednodušuje ovládání vozidla. [18]

## **Hlídaní bezpečného odstupu**

Adaptivní tempomaty sledují vzdálenost od auta jedoucího vpředu a při překročení nebezpečné vzdálenosti upozorní řidiče zvukovým či světelným signálem. Pokud řidič nereaguje, vůz začne brzdit, aby nedošlo ke střetu. Některé adaptivní tempomaty dovedou sledovat i odstup a upozorňují na auta v nebezpečné blízkosti za vozidlem.

Německý autoklub ADAC porovnal a otestoval v roce 2009 systémy sledující a reagující na nebezpečnou vzdálenost mezi vozidly. Jako vítěze testu vyhlásil Volvo XC60 a konstatoval, že systémy varující před kolizí mohou o další krok zvýšit bezpečnost v dopravě. [18]

## 1.10.2 Nevýhody a omezení ACC

Většina současných ACC systém je více či méně omezena v těchto případech:

- Za hustého deště nebo sněžení
- V prudkých kopcích a klikatých zatáčkách
- Při průjezdu křižovatkou nebo na parkovištích
- Nemusí rozpoznat některé překážky jako například motocykl
- Neregistrují zaparkovaná vozidla
- Často fungují pouze v určitém rychlostním rozmezí (30 – 180 km/h)
- Cena

Některá omezení nové systémy a koncepce ACC překonávají a stávají se spolehlivějšími. Například systém ACC Plus dovolí použití tempomatu až do nulové rychlosti a usnadňuje tak popojíždění v kolonách. [18]

## 1.10.3 ACC systém

Systém adaptivního tempomatu ve své základní podobě zpracovává data z radaru, z jednotky motoru a navolená data řidičem. Ve spolupráci s centrální řídicí jednotkou automobilu ovládá podle potřeby brzdový či plynový aktuátor (akční člen). S řidičem komunikuje prostřednictvím zvukové a světelné signalizace. [18]

Automobily s automatickou převodovkou řadí převodové stupně dle požadavku centrální řídicí jednotky. V případě manuální převodovky je řidič upozorněn na potřebu změny převodového stupně na řídicím displeji. [18]

## 1.10.4 Adaptivní tempomat v osobních automobilech

Kompletní adaptivní tempomat rozšířený o další funkce využívá ke své činnosti množství snímačů detekujících překážky. Takřka vždy ACC obsahuje mikrovlnný radar. Tento mikrovlnný radar, který pracuje na frekvenci 76 nebo 77 GHz a je schopen detekovat překážku ve vzdálenosti až 150 m před vozidlem. Dalším snímačem je infračervená kamera, jejíž dosah je do 120 m. Následuje videokamera pracující ve

viditelné části spektra s užitečným dosahem přibližně 80 m. Blízké okolí vozidla je sledováno několika mikrovlnnými radary pracujícími na frekvenci 24 GHz. Ty mají dosah menší, do 20 m a jsou určeny především pro systémy předcházející kolizím. Pro kritický případ kolize jsou vpředu a vzadu ultrazvukové snímače, jejichž dosah je jen do 3 m a využívají se k aktivaci ochranných zařízení, jestliže se již nelze vyhnout srážce. V takovém případě dochází k dotažení pásu, nastavení opěrky hlavy, zavření okének a k aktivaci airbagu. [18]

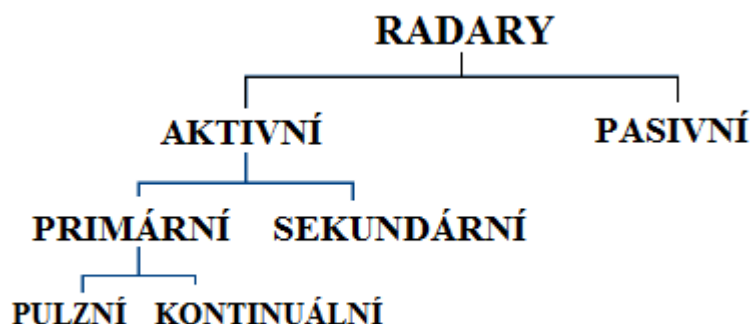
### 1.10.5 Senzory používané u ACC

Veškeré sofistikované zařízení včetně adaptivního tempomatu se neobejde bez dat z nejrůznějších snímačů. A právě přesnost a aktuálnost těchto dat hraje významnou roli na funkci těchto systému. Moderní automobily obsahují čím dál tím více nejrůznějších snímačů. [18]

Základní rozdělení senzorů používaných v automobilové technice je popsáno již v kapitole 3. V této kapitole je podrobněji představeno několik senzorů souvisejících s adaptivními tempomaty.

#### Radary – rozdělení

Obr. 1.15 Dělení radarů



Vhodné a tudíž i nasazované radary pro adaptivní tempomaty jsou primární, aktivní radary. Jde se o klasické radary, kdy vysílač vysílá mikrovlnnou energii ve formě impulzu nebo stálé vlny a v čase mimo vysílání přijímá odrazy od objektu, jež se nacházejí ve směru, kam je energie vysílána. [18]

V případě, že nejsou vysílány impulsy ale stálá vlna, bývají anténní systémy pro vysílání a příjem zpravidla oddělené. Použití stálé vlny umožňuje preciznější měření. Stejný efekt je využíván i u impulsních radarů pro rozlišení pohybujících se cílů. [18]

### **MMW Radar**

Klíčovou součástí ACC systému bývá MMW RADAR (milimeter-wave radar) s FMCW modulací. FMCW neboli Frequency Modulated Continuous Waves je metoda využívající spojitého mikrovlnného signálu, jehož frekvence se v určitém pásmu lineárně mění. Vzdálenost měřeného objektu se stanoví porovnáním okamžité frekvence vysílaného signálu a přijímaného odraženého signálu. [18]

Radary nasazované v ACC aplikacích se skládají z oscilátoru (generující milimetrové vlny), frekvenčního a pulzního modulátoru, antény, přijímače a procesoru pro zpracování dat. Často pracují na frekvenci 76 – 77 GHz. Paprsek je vyslán v úhlu  $\pm 4^\circ$  s dosahem do 150 m. Anténa pro milimetrové vlny je plastová čočka, která je v zimním období vyhřívána. Radar je umístěn na přídi auta před nebo za plastovou mřížkou. [18]

*Obr. 1.16 MMW Radar*



*Zdroj: [http://diydrones.com/group/japan-arducopter-group/forum/topics/optimal-trajectory-generator-mission-planner]*

## **FM-Pulse Doppler Radar**

Pulzní Dopplerův radar se díky svým vlastnostem uplatňuje namísto MMW radaru s FMCW modulací. Dopplerovým jevem dochází k posunu odražené vlny a po přijetí lze určit relativní rychlost odrazného objektu a časový údaj navíc koresponduje se vzdáleností od tohoto objektu. Pulzní Dopplerův radar lépe rozeznává jednotlivé cíle, přináší o těchto cílech přesnější informace a má menší pravděpodobnost špatného rozpoznání. [18,19]

## **SSR**

SRR neboli Short-Range-Radar spolu s lidarem či sonarem slouží jako virtuální bezpečnostní opasek automobilu. Rozšiřuje možnost použití adaptivního tempomatu pro malé rychlosti do 30 km/h a své uplatnění nachází v bezpečnostních systémech Pre-crash při hrozbě neodvratitelné srážky. Short-Range-Radar pracuje na frekvenci 24 GHz a pásmo pro měření je od 2 do 20 m. [18]

### **1.10.6 Lidar**

Lidar (Light Detection And Ranging) je optické přenosné zařízení, které slouží k detekci, určení vzdálenosti a dalších informací o nalezeném cíli. Principiálně je zařízení podobné radaru, k mapování však používá laserové pulsy namísto mikrovlnných vln. Pro tuto podobnost je často označován jako laserový radar. Lidar vyniká především vysokou přesností, velmi úzkým paprskem, velkým dosahem a vysokou rychlostí paprsku, tedy i celého měření. Nevýhodou je jeho vysoká cena. [18]

#### **Princip měření**

Základní rozdíl od radaru je ten, že lidar používá kratší vlnové délky elektromagnetického spektra záření. Stejně jako u radaru je potřeba vysílač, přijímač a vyhodnocovací zařízení. Vysílač vysílá paprsek v požadovaném směru, objekt nacházející se v cestě paprsku může tento signál odrazit, rozptýlit nebo pohltit. Odražený paprsek je po zachycení přijímačem vyhodnocen. Většina použitých systému



využívá laser o vlnové délce 850 až 1650 nm. Tento paprsek je neviditelný a zároveň je pro lidské oko nezávadný. [18]

Nejčastěji používanou a nasazenou metodou pro vyhodnocení je metoda TOF neboli metoda měření času dopadu odraženého paprsku. Signál je vysíláný v krátkých pulzech a měří se čas do dopadu odražených signálů. Přesnost je závislá především na rozlišení měřicí elektroniky. Pro nejhrubší měření musí dosahovat řádu nanosekund a nejpreciznější mají rozlišovací schopnost v pikosekundách. Pro rozlišení v desítkách centimetrů musí být elektronika přesná v nanosekundách a pro přesnost vyšší, než milimetr jsou tomu maximálně desítky pikosekund. To je dáno rychlostí šíření laserových paprsku, tedy rychlostí světla v daném prostředí. [18]

Druhou používanou metodou měření lidarem v ACC systémech je metoda měření fázového posunu. Tato metoda na rozdíl od předchozí využívá kontinuální vlnění. Část vyslané vlny se odrazí rovnou zpět k detektoru. Detekovaná vlna se porovná s kontinuálním vlněním a změří se vzájemný vlnový posuv. Vzdálenost se může spočítat ze vztahu

$$\phi = \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \qquad d = \frac{\phi \cdot \lambda}{4\pi} = \frac{\phi \cdot c}{4\pi f}$$

kde  $d$  je vzdálenost k překážce,  $\lambda$  je vlnová délka signálu,  $\phi$  je fázový posuv,  $c$  je rychlost zvuku a  $f$  je frekvence signálu. [18]

### **Uplatnění v adaptivních tempomatech**

V porovnání s radarem disponuje lidar vyšší rychlostí měření. Laserový paprsek se šíří prostředím rychlostí světla, proto lze měření v naprosté většině případů považovat za okamžité. V porovnání s ostatními senzory jsou laserové dálkoměry velmi přesné a vzhledem k velmi úzkému paprsku je dosahovaná vysoká směrová přesnost. [18]

Přesto je jejich nasazení v ACC aplikacích mnohem menší než nasazení radarů pro daný rozsah měření. V porovnání s radary je hlavní nevýhodou zejména vyšší citlivost na povětrnostní podmínky a na provoz v prašném prostředí. [18]

## 1.11 Parkovací asistent

Termínem parkovací asistent se dnes označuje celá škála různých systémů, které usnadňují řidičům život. Pod tento termín však spadá celá řada elektronických systémů, určených k usnadnění parkování do těsných mezer a manévrování v prostoru ohraničeném různými překážkami. Pokud je automobil takovým zařízením vybaven, většinou se aktivuje při zařazení zpátečky, případně ovladačem na palubní desce. Čidlo zjišťuje vzdálenost od překážky a informuje řidiče. Díky vysoké přesnosti systém usnadňuje zaparkování do velmi těsných prostorů i vozům se zhoršeným výhledem z kabiny. Jejich nejvyšší forma pracuje s automatickým řízením. [20,21]

Parkovací systémy s automatickým řízením jsou ovládány řídicí jednotkou, která prostřednictvím senzorů, zpravidla ultrazvukových, popřípadě radarových, snímá okolí, aby našla vhodnou mezeru pro zaparkování vozidla. Poté elektronika převezme od řidiče řízení a vůz pomůže zaparkovat. [20]

K vyhledávání parkovacího místa i k zahájení automatického parkovacího manévru musí dát řidič pokyn stisknutím příslušného tlačítka a splnit celou řadu dalších podmínek. Například při oboustranném vyhledávání parkovacího místa, musí řidič zapnout směrový ukazatel na straně, kde chce zaparkovat, a udržovat rychlost jízdy v rámci stanoveného limitu. [20]

První použití parkovacích senzorů lze datovat již do osmdesátých let minulého století a je vcelku pochopitelné, že od té doby prodělaly senzory jistý vývoj. Zprvu musely být senzory zdvojeny na vysílač a přijímač. Teprve s příchodem devadesátých let se tyto dva prvky sjednotily do jednoho kompletního senzoru a od nového tisíciletí roste i frekvence, kterou senzory při aktivaci (nejčastěji při zařazení zpětného chodu) vysílají. [27]

Zprvu se používala relativně nízká frekvence 40 kHz, nicméně brzy se přešlo k 48, 58 nebo 68 kHz. Toto navýšení vzniklo kvůli vzdálenosti měření a přesnějšímu nasměrování signálu. Signál s vyšší frekvencí lze totiž vyslat přesněji a není se třeba obávat, že by se vracel například od nízkých obrubníků. [27]

### 1.11.1 Pasivní systémy

Nejstarší a nejrozšířenější skupinu tvoří tedy pasivní systémy. Ty jsou ve vozidle nainstalovány z výroby, mohou však být přidány i dodatečně. Skládají se z čidel v nárazníku a jsou napojeny na informační systémy vozu nebo na jednoduchou akustickou signalizaci. Nejjednodušší a nejlevnější jsou ultrazvuková čidla. [21]

Do prostoru vysílají ultrazvukové vlny a měří, za jak dlouho se odrazem vrátí zpět. Do interiéru je řidiči vysílán přerušovaný zvukový signál. Čím rychleji se tón ozývá, tím blíže překážka je. Pokud je vozidlo v přílišné blízkosti, zvuk se stane nepřerušovaným. [21]

Složitější a dražší variantu představují parkovací kamery, snímající prostor za automobilem, případně kolem celého vozu. Data ze senzorů se objevují na obrazovce informačního systému a často jsou doplněna virtuální mřížkou nebo vodičnými čarami upřesňující vzdálenost. Řidič má tak přesný přehled o situaci za vozem. Nevýhodou složitějších pasivních asistentů je především vyšší pořizovací cena a dražší opravy v případě poškození. [21]

### 1.11.2 Aktivní systémy

Evoluci pasivních systémů představují aktivní parkovací asistenti. Skládají se z akustických čidel, často i kamer, a především z programu napojeného na pedál plynu, posilovač řízení a brzdy vozidla. Jejich úkolem je aktivně pomáhat řidiči při parkování.

Systém po aktivaci dočasně převezme kontrolu nad automobilem a sám jej zaparkuje. Poprvé tento systém představil Lexus ve svém vrcholném modelu LS600 v roce 2007. Dnes se však stále častěji můžeme setkat i u vozů nižších tříd. [21]

Jak již bylo nastíněno v kapitole 4.4, v praxi systém funguje tak, že se s vozidlem projede kolem volného parkovacího místa, které čidla v náraznících změří a vyhodnotí. Pokud je možné zaparkovat, na přístrojové desce, popřípadě navigačním panelu se objeví instrukce řidiči. Nejčastěji asistent pomocí posilovače řízení kontroluje zatáčení. Řidič pustí volant a podle instrukcí na obrazovce upravuje rychlost. Po ukončení parkovacího manévru stačí pouze vypnout motor. [21]

Před pořízením tohoto výbavového prvku je samozřejmě třeba počítat se zvýšenými investicemi v případě poškození takto vybaveného vozidla. Systém se totiž

skládá z celé řady monitorovacích čidel, často i kamery. Tyto části bývají při drobných kolizích velmi často poškozeny, vzhledem k jejich umístění. [21]

### 1.11.3 Parkovací systém PDC

PDC (Park Distance Control) je klasický akustický parkovací systém, který je dnes běžnou součástí výbavy. Pomocí ultrazvukových senzorů získává systém přehled o stojících vozidlech a dalších velkých předmětech v okolí vozidla. Akustická signalizace pak upozorňuje řidiče na blížící se překážku. Frekvence varovného tónu se postupně zvyšuje, čím blíže je vůz u překážky. Ve vzdálenosti 30 cm zní nepřerušovaný tón, varující před nebezpečím nárazu.

Systém zvyšuje komfort a bezpečnost při parkovacích manévrech. Řidič je včas informován o překážkách, které nemusí být z místa řidiče dostatečně patrné. Senzory mohou být pouze zadní nebo přední. [10]

*Obr 1.17 Parkovací systém PDC*



*Zdroj: [http://www.autolexicon.net/cs/articles/pdc-park-distance-control]*

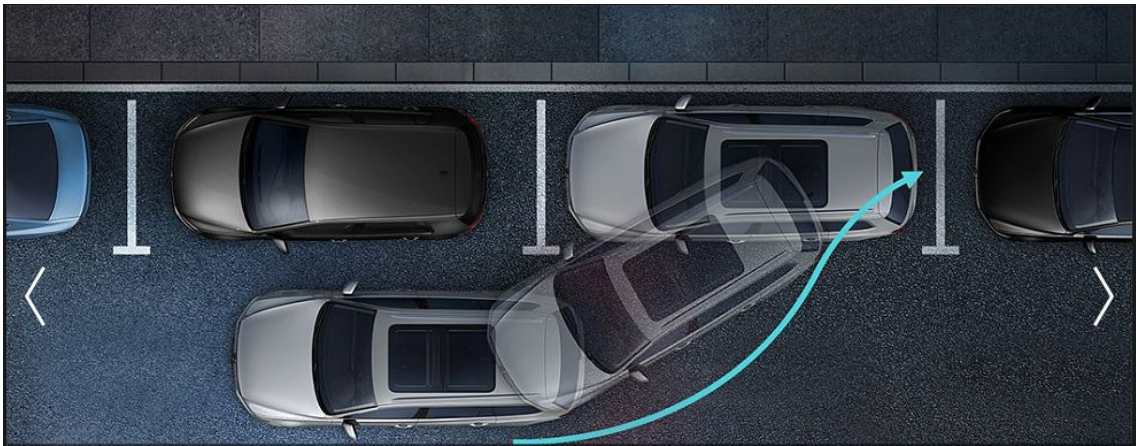
### 1.11.4 Automatický parkovací asistent – Park Assist

Automatický parkovací asistent rozšiřuje funkci parkovacího asistentu PDC (Park Distance Control) o schopnost automatického zaparkování do parkovacího místa podélně k silnici. Systém v tomto případě samočinně pohybuje volantem. V případě, že rychlost jízdy klesne pod 35 km/h a řidič tento systém aktivuje (při jeho neaktivování

probíhá měření v pozadí), čidla umístěná v modulu bočních směrových světlů nebo například v blatnících, automaticky měří velikost parkovacího místa vedle vozu. [4]

Jakmile asistent najde prostor o 1,2 metru delší než automobil, oznámí to řidiči. Nejmodernějším asistentům postačuje pouhých 60 cm. Poté stačí pouze zastavit a zařadit zpětný chod, vůz se na automatické zaparkování připraví a zobrazí jej na hlavním displeji. Nyní je třeba pustit volant a pouze regulovat rychlost vozu (plynem a brzdou). Automobil pak zajede do volného parkovacího místa. Na řidiči je, aby sledoval překážky na displeji systému. [4]

*Obr 1.18 Automatický parkovací asistent - princip*







*Zdroj: [https://automix.cars.cz/zivot-ridice/jak-funguji-parkovaci-senzory-a-co-parkovaci-asistent-20170607.html]*

V současné době se pracuje na aktivním systému PDC, který nejenže pomocí ultrazvukových čidel monitoruje vzdálenost od překážek, ale současně dokáže postupně v jejich těsné blízkosti automobil samočinně zastavit. Jedná se o další z prvků na cestě k plně automatickému parkování bez potřeby obsluhy řidičem. [4]

Dalším systémem ve vývoji je zařízení umožňující zcela samočinné zajištění do garáže. Tento systém přijde vhod například pro majitele úzkých garáží. Řidič s vozem zastaví před garáží, vystoupí z něj a stiskne tlačítko na klíči. Automobil se na tento povel samočinně zamkne, rozsvítí potkávací světla, sklopí zrcátka a rozjede se rychlostí přibližně 2 km/h do garáže. Podle měnících se obrazců světlometů snímaných čelní kamerou se nejen automaticky vycentruje, ale současně také zastaví před stěnou garáže. Při vyjíždění funguje celý proces obráceně. [4]

Obr 1.19 Zobrazení průběhu parkovacího manévru na přístrojové desce

	<p>Parkovací systém hledá mezeru. Šrafované obdélníčky znázorňují parkující auta.</p>
	<p>Systém právě objevil volné místo. Řidič však musí ještě kousek popojet vpřed.</p>
	<p>Displej vyzývá řidiče, aby zařadil zpátečku.</p>
	<p>V tuto chvíli musí být ruce mimo volant.</p>

Zdroj: [<https://www.tipcars.com/magazin/aktuality/ruce-z-volantu-ved-couva-vas-parkovaci-asistent.html>]

### 1.11.5 Surround View

System Surround View představuje spolupráci trojice kamerových systémů, jejichž úkolem je zajistit optimální informování řidiče o překážkách kolem vozu. Je tvořen zadní couvací kamerou, bočními kamerami Top View a kamerami Side View. Zadní couvací kamera, umístěná na víku zavazadlového prostoru či na zadní výklopné stěně, snímá obraz za vozem, který se následně zobrazuje na hlavním displeji. Pro snazší orientaci je obraz doplněn grafickými prvky, jež srozumitelně symbolizují vzdálenost od překážek, stejně tak jako trajektorii vozu s daným úhlem natočení kol.

Top View usnadňuje manévrování především ve velmi stísněných prostorách. Kromě zadní couvací kamery je tvořen i další dvojicí kamer, umístěných ve vnějších zpětných zrcátkách. Díky optimalizaci obrazu širokoúhlých kamer systém dokáže řidiči zprostředkovat pohled na jeho vůz z ptáčích perspektivy a názorně mu ukázat vzdálenost a polohu případných překážek. System Top View, který je součástí prvků Surround View, spolupracuje s parkovacím asistentem PDC a pomocí systému jako je například BMW iDrive umožňuje přepínat mezi různými druhy zobrazování překážek. [4]

Side View je další součástí systému Surround View. Využívá další dvojici kamer, umístěných v předních částech výřezů blatníků. Na požádání tento systém dokáže zobrazit prostor po stranách vozu. Tato funkce zvyšuje komfort i bezpečnost, například při vyjíždění z garáží nebo úzkých ulic. Na displeji systému se vedle sebe zobrazují pohledy z obou stran vozu. [4]

Obr 1.20 System Surround View od BMW



Zdroj: [<http://cdn.bmwblog.com/wp-content/uploads/2015/07/BMW-surround-view-X5.jpg>]

## 1.12 Definice základních pojmů parkování

**Parkování** – umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace zpravidla po dobu nákupu, návštěvy, zaměstnání, naložení nebo vyložení nákladu [28]

**Odstavování; dlouhodobé stání** – umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace zpravidla v místě bydliště, případně v sídle provozovatele vozidla po dobu, kdy se vozidlo nepoužívá [28]

**Parkovací stání** – plocha určená pro parkování nebo odstavení jednoho vozidla [28]

**Parkovací záliv** – plocha určená pro jedno nebo několik parkovacích stání s podélným, šikmým nebo kolmým řazením umístěná podél jízdního pásu [28]

**Parkoviště** – venkovní prostor pro parkování vozidel na samostatné ploše oddělené od pozemní komunikace, na kterém jsou navržena jednotlivá parkovací stání [28]

**Parkovací plocha** – prostor určený pro parkování vozidel; technické řešení odstavných a parkovacích ploch je shodné, proto se v dalším textu normy používá pouze pojem parkovací plocha [28]

### Norma ČSN 73 6056 – Odstavné a parkovací plochy

Tato ČSN norma platí pro navrhování nových odstavných a parkovacích ploch, změny dokončených staveb, změny v užívání staveb a obdobné pro rekonstrukce (především pro osobní vozidla, dále i pro nákladní vozidla, autobusy, motocykly a jízdní kola). Přiměřeně platí pro ostatní kategorie vozidel. [28]

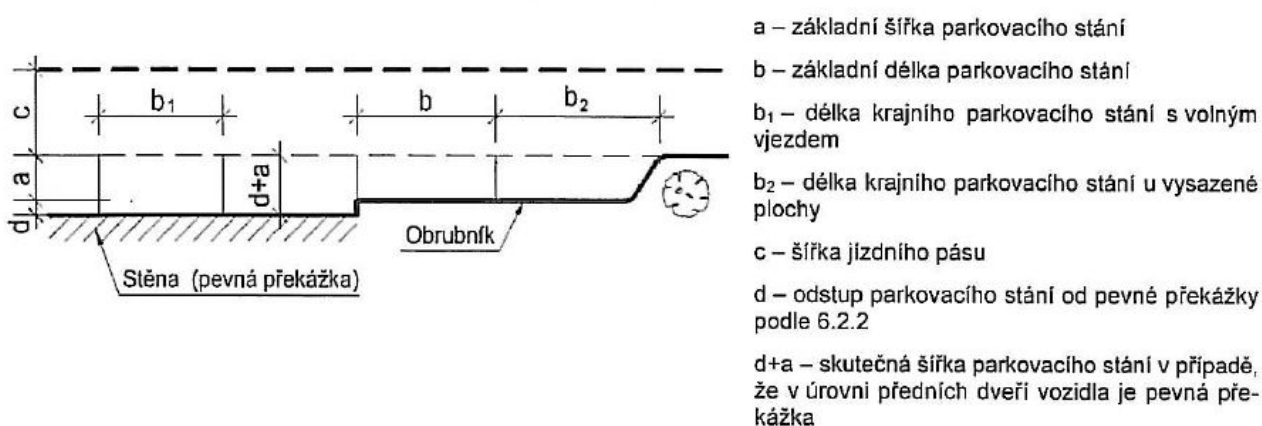
Norma platí pro navrhování odstavných a parkovacích ploch na veřejně přístupných pozemních komunikacích, samostatných venkovních parkovacích plochách a společně s ČSN 73 6058 pro navrhování jednotlivých, řadových a hromadných garáží. [28]



## Parkovací stání s podélným řazením pro osobní a lehká užitková vozidla

Na délku parkovacího stání s podélným řazením má zásadní vliv způsob zajíždění a vyjíždění na/z parkovacího stání. Zpravidla se navrhuje podélné parkovací se zajížděním na parkovací stání couváním. Parkovací jízdou vpřed se z důvodu prostorové náročnosti navrhuje pouze tehdy, když je požadováno, aby parkující vozidlo urychleně opustilo průběžný jízdní pruh. [28]

Obr. 1.21 Parkovací stání s podélným řazením vozidel



Zdroj: ČSN 73 6056

Na délku a šířku parkovacího stání má vliv funkční využití okolních ploch podle obrázku 5.1. Pokud je vedle parkovacího stání v místě předních dveří vozidla pevná překážka ve vzdálenosti menší než 0,40 m, zvětšuje se základní šířka stání podle tabulky 1 o 0,40 m. [28]

Prostorové uspořádání parkovacího stání s podélným řazením je uvedeno na obrázku 5.1. Délka krajního parkovacího stání je z důvodu odlišné techniky parkování zpravidla jiná než základní délka parkovacího stání. [28]

Tab. 2 Rozměry parkovacího stání pro osobní a lehká užitková vozidla při podélném řazení a šířka přilehlého jízdního pruhu/pásu

Skupina vozidel	Způsob parkování	Základní šířka stání <sup>*)</sup>	Odstup od pevné překážky	Délka stání	Délka krajního stání	Délka krajního stání	Šířka jízdního pruhu/pásu
		a (m)	d (m)	b (m)	b <sub>1</sub> (m)	b <sub>2</sub> (m)	c (m)
Osobní	jízda vpřed	2,00	0,40	6,75	5,25	7,75	3,25
	couvání			5,75	–	6,75	3,75
Lehké užitkové (dodávka)	jízda vpřed	2,25	0,40	8,25	6,50	9,00	3,50
	couvání			7,50	–	8,00	3,75

<sup>\*)</sup> Při vysoké intenzitě dopravy na pozemní komunikaci se doporučuje zvětšit základní šířku parkovacího stání o 0,25 m (omezení otevírání dveří vozidla do průjezdního profilu pozemní komunikace). Pokud je vedle parkovacího stání v místě předních dveří vozidla pevná překážka, zvětšuje se šířka parkovacího stání podle 6.2.2.  
Jednotlivé návrhové prvky parkovacích stání jsou uvedeny na obrázku 2.

Zdroj: ČSN 73 6056

## 2 Cíl a metodika práce

### 2.1.1 Cíl práce

Cílem experimentu je porovnání funkce asistenčního systému „Parkovací asistent“ se schopnostmi běžného řidiče v zaparkování mezi vozidla při podélném řazení. Zhodnocení výhod a nevýhod při použití konkrétního asistenčního systému s doporučením na jeho využívání.

### 2.1.2 Metodika provedení experimentu

Jako dopravní prostředek k uskutečnění experimentu bude zapůjčen vůz Škoda Superb (obr. 2.1) poslední generace ve výbavě Laurin & Klement s automatickou převodovkou DSG a vybavený potřebným asistenčním systémem. Vzhledem k pořizovací ceně a charakteru vozidla, jsem zvolil metodu provést experiment zaparkování mezi papírové kartony o rozměrech 820x550x500 mm, aby se zabránilo případné kolizi s jiným vozidlem a nedošlo k poškození, ať už testovaného vozidla nebo jiného. Rozměry testovaného vozu jsou uvedeny na obr. 2.1

Obr. 2.1 Rozměry testovaného vozidla Škoda Superb



Zdroj: <http://www.skoda-auto.cz/modely/superb/superb-combi/superb-combi-rozmary>

Za místo provedení experimentu je nutné zvolit prostor, který byl rozměry plně vyhovující potřebné ploše. Takovýto prostor se nachází před garážemi ve vnitřním areálu pro parkování firmy DEKRA CZ a.s. (obr. 2.2). Původní záměr provést pokus na rozměrném parkovišti STK Chodovec nebyl možný realizovat z důvodu velké vytíženosti a zaplněnosti již od začátku otevírací doby stanice.

Na vymezeném prostoru bude kalibrovaným měřidlem vyznačena normovaná délka stání pro podélné parkování podle normy ČSN 73 6056 5,75 m. Hodnota 5,75 m je základní délka parkovacího stání pro osobní vozidla a způsob parkování couváním. Dále bude od pevné překážky, v konkrétním případě garážová vrata, vyznačena vzdálenost 2,40 m. Podle normy 2,00 m jako základní šířka stání a 0,40 m odstup od pevné překážky.

Čas bude zaznamenáván stopkami od započetí couvacího manévru (od rozjetí vozidla na zpětný chod) přibližně ze stejného místa pro každý pokus do úplného zastavení a ukončení parkování mezi překážky. Dále bude měřidlem změřena vzdálenost od přední a zadní meze stanovené délky stání a odstup od pevné překážky (vždy od předního pravého kola ke krajnici). Jak pro parkovací asistent, tak každý z účastníků bude mít na manévru tři pokusy. Experimentu se zúčastní sedm adeptů,

*Obr. 2.2 Vyhrazený prostor pro experiment*



*Zdroj: vlastní*

přičemž všichni budou mít stejné výchozí podmínky, tzn. jízda s vozidlem, ve kterém budou sedět poprvé a většina bude též poprvé parkovat s automatickou převodovkou.

Pro získání potřebných dat z první části pokusu, tedy testu parkovacího asistenta bude postupováno následovně a zároveň podle pokynů uživatelské příručky k vozidlu. Výchozí pozice pro vozidlo bude ve vzdálenosti 0,5 – 1,5 m od první simulované překážky na úrovni přední části vozidla (obr.2.3).

*Obr. 2.3 Výchozí pozice pro započítání jízdy*



*Zdroj: vlastní*

Na voliči řadící páky se zvolí dopředný chod (D/S) a stiskneme příslušné tlačítko pro parkovací asistent (obr. 2.4). Pomalou jízdou vpřed vozidlo ultrazvukovými senzory snímá prostor okolo vozidla a hledá vhodnou mezeru pro zaparkování a stav zobrazuje na displeji palubní desky (obr. 2.5).

*Obr. 2.4 Umístění ovládacího tlačítka parkovacího asistentu*



*Zdroj: vlastní*

Jakmile vůz detekuje vhodné místo pro zaparkování, zobrazí se událost na displeji. Pokračuje se jízdou vpřed, dokud se na displeji nezobrazí výzva k zastavení a zařazení zpětného chodu (obr. 2.6). Po zařazení zpětného chodu se na displeji zobrazí varování, že vůz zasahuje do řízení (obr. 2.7). Od tohoto momentu bude též započato měření času. Systém sám automaticky zahájí parkovací manévru a na řidiči je pouze ovládání převodovky pro zpětný a dopředný chod na základě výzvy na displeji (obr. 2.8 a 2.9), dokud vozidlo zcela nezastaví a parkovací automat se nevyklopí. V tento okamžik bude ukončeno i měření doby trvání celého manévru.

Obr. 2.5 Zobrazení vyhledání vhodného místa pro zaparkování na displeji



Zdroj: vlastní

Obr. 2.6 Výzva k zařazení zpětného chodu



Zdroj: vlastní

Obr. 2.7 Upozornění systému k zásahu do řízení



Zdroj: vlastní

Obr. 2.8 Výzva k zařazení zpětného chodu



Zdroj: vlastní

Obr. 2.9 Výzva k zařazení dopředného chodu



Zdroj: vlastní

### 3 Výsledky a diskuse

První částí experimentu bylo testování a vyhodnocení funkce samotného parkovacího asistenta a jeho schopnosti detekovat improvizované volné místo a korektně zaparkovat mezi dané překážky. Druhou částí byl tentýž proces s vybranými řidiči různého věku, pohlaví a řidičské praxe. Cílem bylo porovnání dat získaných měření. Hodnotil se čas parkovacího manévru a vzdálenost od vyznačených mezí.

Při testování automatického parkovacího asistenta vyskytl problém, kdy při umístění kartonů přesně na rozměr základní délky stání, nedokázal systém senzory detekovat volné parkovací místo, přestože by se do dané mezery vozidlo svými rozměry

vešlo. Z tohoto důvodu bylo nutné překážku v podobě krabic posunout z každé strany o 0,3 m. Poté už senzorický systém neměl problém volné místo detekovat a mezi překážky sám zaparkovat.

Do výsledků měření byly započítány tři úspěšné pokusy (obr. 2.10, 2.11 a 2.12), přestože pokusů bylo provedeno několik desítek. Velmi často systém nedokázal vymezený prostor vůbec detekovat, vyskytly se i pokusy o kolmé zaparkování. Vzhledem k tomu, že v den uskutečnění experimentu nepanovaly příznivé povětrnostní podmínky, za slabého deště často automobil parkoval velmi podivně až zmateně, kdy po ukončení manévru přední částí vozidla výrazně zasahoval do „vozovky“. Při pojíždění vpřed byla rovněž zjištěna jistá citlivost na příčnou vzdálenost od překážek, v našem případě papírových kartonů, kdy na vzdálenost 1 m a kratší systém často vůbec nedokázal mezeru mezi nimi detekovat, na vzdálenost delší bylo už úspěšných pokusů více.

*Obr. 2.10 Ukončený parkovací manévr – předobochní pohled*



*Zdroj: vlastní*



*Obr. 2.11 Ukončený parkovací manévr – pohled zepředu*



*Zdroj: vlastní*

*Obr. 2.12 Ukončený parkovací manévr – zadoboční pohled*



*Zdroj: vlastní*

### 3.1 Naměřené hodnoty

#### 3.1.1 Doba parkovacího manévru – srovnání

Naměřené doby pro parkování jsou uvedeny níže v tabulce 3, v tabulce jsou uvedeny časy PA (parkovacího asistenta) a všech sedmi účastníků a jejich tři pokusy. V tabulce č. 4 jsou uvedeny zprůměrované doby jízdy.

Tab. 4 Změřené doby parkovacího manévru

	čas (s)							
	PA	1	2	3	4	5	6	7
1. pokus	00:36,5	00:33,4	00:36,8	00:29,0	00:50,5	01:33,7	00:20,0	00:29,6
2. pokus	00:36,2	00:34,8	00:28,1	00:24,2	00:30,1	01:36,2	00:21,1	00:22,1
3. pokus	00:31,5	00:23,1	00:34,9	00:18,8	01:30,4	01:54,4	00:21,0	00:17,2

Tab. 5 Průměrný čas parkovacího manévru

průměrný čas (s)							
PA	1	2	3	4	5	6	7
00:34,7	00:30,4	00:33,3	00:24,0	00:57,0	01:41,4	00:20,7	00:23,0

### 3.1.2 Změřené vzdálenosti od stanovených mezí parkovacího stání

Tab. 6 Naměřené vzdálenosti od karoserie k vyznačeným mezím stání podle normy

		od krajnice [cm]	od přední meze [cm]	od zadní meze [cm]
PA	1. pokus	95	30	59
	2. pokus	94	85	4
	3. pokus	93	75	14
1	1. pokus	75	46	43
	2. pokus	79	72	17
	3. pokus	36	36	53
2	1. pokus	55	89	0
	2. pokus	57	76	13
	3. pokus	63	63	26
3	1. pokus	86	65	24
	2. pokus	79	65	24
	3. pokus	82	88	1
4	1. pokus	75	58	31
	2. pokus	64	57	32
	3. pokus	57	77	12
5	1. pokus	56	40	49
	2. pokus	59	72	17
	3. pokus	122	34	55
6	1. pokus	129	20	69
	2. pokus	112	0	89
	3. pokus	111	24	65
7	1. pokus	130	50	39
	2. pokus	84	64	25
	3. pokus	80	60	29

### 3.2 Diskuse k výsledkům měření

Z naměřených hodnot časů je patrné, že systém automatického parkování v porovnání s lidskými schopnostmi, pokud vezmeme v potaz průměrný čas, tak rozhodně nezaostával. Je ale nutno dodat, že vzhledem k velmi malému počtu účastníků není vzorek řidičů reprezentativní a jedná se o pouhou pilotní studii. Dva adepti měli výsledný čas výrazně horší, což lze ale přisuzovat menší řidičské praxi, zejména co se podélného parkování vzad týče, popřípadě nulovou zkušeností s automatickou

převodovkou. Obecně se dá prohlásit, že asistenční systém v podobě automatického parkování se dobou pro parkovací manévr vyrovná průměrnému řidiči. Hlavní úskalí ve funkci parkovacího asistenta shledávám v tom, aby vůbec parkovací asistent detekoval vhodnou mezeru mezi dvěma vozy. To vyžadovalo minimálně o půl metru větší prostor, než by bylo nutné a než by potřeboval běžný řidič. Samozřejmě beru v úvahu skutečnost, že jsem místo reálných vozidel použil náhražku v podobě papírových kartonů. Na rozdíl od sensorických systému vozidla, který pouhých 500 mm vysoké papírové kartony neměl problém detekovat, řidič zvyklý používat zpětná zrcátka pro parkování vzad, měl zajištění mezi překážky značně ztížené, jelikož papírové kartony nebyly v zrcátkách vidět. Při změně rozestavení kartonů na výšku, by byl tento problém pro řidiče vyřešen, ale změnily by se výchozí podmínky, což nebylo pro žádoucí. Parkovací asistent nebyl při tomto rozestavení na výšku schopný správně fungovat a mezeru nedetekoval. Z tohoto důvodu měli adepti k dispozici parkovací kameru, která se automaticky spouští při zařazení zpětného chodu.

Z dat lze též vyčíst, že u většiny adeptů se s každým následným pokusem čas zlepšoval. Rozdíl mezi nejlepším časem a nejhorším činí 1 minutu a 37,2 vteřin.

Co se týče vzdáleností od normovaných mezí tzn. 5,75 m délka parkovacího stání a 2,40 m šířka, tak v případě automatického parkovacího systému, tak při úspěšně provedených pokusech téměř vždy vozidlo zastavilo ve stejné vzdálenosti od krajnice, v našem případě pevné překážky, a to s rozdílem 1 cm od střední hodnoty. S takovýmto minimálním rozdílem nedokázal zaparkovat mezi překážky žádný z řidičů. Nejkonzistentnější byl, co se týče vzdálenosti od krajnice adept č. 3 s rozdílem sedmi centimetrů mezi prvním a druhým pokusem. Jednoznačně nejhorší hodnoty byly naměřeny ve všech pokusech u adepta č. 6, kdy na reálné komunikaci by stál částí vozidla výrazně v jízdním pruhu. Alespoň v jednom z pokusů se povedlo zaparkovat ve vzdálenosti větší než jeden metr od krajnice ještě dvěma adeptům.

Těžko lze vyhodnotit výsledky naměřených vzdáleností od krajních mezí stání, zejména u parkovacího automatu nelze vyhodnotit jakou logikou se řídicí jednotka rozhoduje pro ukončení manévru, vzhledem k tomu že automobil zastavil pokaždé jinak. U většiny adeptů lze vypořádat tendenci zastavit vozidlo blíže zadní překážce, jelikož se většina z nich řídila obrazem z parkovací kamery, z důvodu nízkých rozměrů papírových překážek a akustické signalizaci uvnitř vozu z parkovacích senzorů.

## 4 Závěr

V rešeršní části této práce šlo o popsání a zhodnocení dnes běžně používaných senzorů a některých asistenčních systémů, většinou těch, které umožňují samovolně zasáhnout do řízení vozidla, používaných zejména u osobních automobilů. Snahou bylo zprostředkovat nestranný pohled na tyto prvky a shrnutí jejich pozitiv i negativ. Úkolem veškerých systémů, uvedených v této práci, je informovat řidiče o nebezpečí, nebo za něj napravovat chyby, a tím tak řidiči pomáhat a přispívat tak k bezpečnosti silničního provozu.

Všechny systémy nejsou ale doladěny takovým způsobem, aby mohly správně fungovat za všech okolností a neobtěžovaly řidiče vozidla zbytečnými varováními či chybovými hlášeními, která by mohly vést k rozptylování řidiče.

Dnešní asistenční systémy jsou ve většině případů komplikovaná elektronická zařízení, relativně citlivá na vnější vlivy. Důkazem mohou být i statistky poruchovosti, které označují elektroniku jako jednu z nejméně spolehlivých součástí automobilu. Na rozdíl od poruch mechanického typu, které bývají většinou řidiči zřejmé (vozidlo je nepojízdné, varování kontrolkami, přechod do nouzového režimu nebo změna chování vozidla), nemusí řidič vždy poruchu asistenčního systému odhalit (není-li varován kontrolkou). Pokud bude při jízdě následně počítat s pomocí daného asistenta, může ohrozit jak sebe, tak i ostatní účastníky silničního provozu, aniž by si toho byl vědom.

Pokud si řidič natolik navykne na ochrannou ruku pomocných systémů, nemusí se už naučit korektně reagovat na všechny situace, a v případě, kdy bude řídit vůz, který asistenty, na které si řidič zvykl, vybaven není, bude nucen čelit problémům, které nezná a nebude umět řešit. Například při využívání systémů automatického parkování – elektronika za řidiče udělá veškerou práci, kterou by měl umět z autoškoly, ale po dlouhodobém používání parkovacího asistenta ji zkrátka zapomněl. Podobný efekt mají i systémy ABS a ESP. Tím, že krizové situace za řidiče řeší, sice významně pomáhají bezpečnosti provozu, ale otupují řidičské schopnosti a instinkty. Řidiči pod vlivem reklamních kampaní na rozličné asistenty snadno mohou podlehnout dojmu, že automobil dokáže napravit a zasáhnout tam, kde jako řidiči selhali. Asistenční systémy nemohou být všespásné a motorista pak většinou brzo pozná, že elektronika není neomylná, nebo že on sám nedokáže její přínos využít.

V praktické části práce byl proveden experiment, kde se porovnávali schopnosti vozidla vybaveného automatickým parkovacím asistentem zaparkovat mezi překážky při podélném řazení couváním s řidiči různého věku, pohlaví, řidičské praxe a schopností. Cílem bylo změřit a porovnat hodnoty, konkrétně čas od započetí parkovacího manévru do zastavení vozidla a vzdálenosti od vyznačených normovaných mezí parkovacího stání. Experiment probíhal v soukromém parkovacím areálu společnosti DEKRA CZ a.s. Prostor svými rozměry plně vyhovoval k uskutečnění experimentu. Na zvoleném úseku jsem kalibrovaným měřidlem změřil a vyznačil vzdálenosti pro parkovací stání pro podélné parkování podle normy ČSN 73 5056. Za tyto meze byly rozmístěny překážky v podobě papírových kartonů větších rozměrů. K tomuto kroku jsem se rozhodl proto, aby nedošlo k poškození vozidla při případné kolizi s překážkou. Během experimentu se ukázalo, že zvolením této metody nastaly problémy s tím, jak správně rozmístit kartonové krabice, aby byl vůz schopen překážky a mezeru mezi nimi správně detekovat jako parkovací místo. Také nepříliš vhodné povětrnostní podmínky, kdy střídavě pršelo, mělo podle mého názoru vliv na správnou funkci asistenta. Několikrát, přestože systém volné místo správně detekoval, choval se při parkovacím manévru zmateně a vozidlo zaparkoval velmi nevhodně, kdy přední částí vozu zasahoval výrazně do „jízdniho pruhu“.

K získání dat byl zvolen postup, kdy každý z adeptů-řidičů měl tři pokusy na zaparkování a totéž i pro parkovací automat. Nutno dodat, že všichni řidiči měli stejné výchozí podmínky, tzn. že vozidlo nikdy neřídili a většina z adeptů neměla dosud žádné zkušenosti s automatickou převodovkou, kterou byl vůz vybaven. Postup, výsledky a zhodnocení experimentu jsou zaznamenány a popsány v kapitole 3 této práce.

Elektronické asistenční systémy mají dnes své pevné místo takřka ve všech oblastech automobilového průmyslu a podstatným způsobem přispívají k bezpečnosti silničního provozu. V současnosti zažívají prudký vývoj, a tak ještě všechny nejsou vyladěny k dokonalosti. Snad je jen otázkou času, kdy budou fungovat spolehlivě a bezchybně, do té doby je třeba motoristy upozorňovat, že ani hromada elektronických asistentů nedokáže obejít zákony fyziky, a že za řízení automobilu plně zodpovědný jeho řidič.

## Seznam použité literatury

- [1] VLK, František. *Automobilová elektronika 1: Asistenční a informační systémy*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3
- [2] VLK, František. *Stavba motorových vozidel.*, Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2
- [3] CINDR, Martin. *Proaktivní bezpečnost silničního provozu*. Praha, 2013. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra vozidel a pozemní dopravy
- [4] *Co vše umí parkovací asistenti?* [online] 26.2.2016. Dostupné na WWW: <<https://www.tipcars.com/magazin/aktuality/co-vse-umi-parkovaci-asistenti.html>>.
- [5] *Prvky aktivní bezpečnosti* [online] 19.2.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel/aktivni-bezpecnost-prvky-aktivni-bezpecnosti>>.
- [6] *Senzor* [online] 2.3.2016. Dostupné na WWW: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Senzor>>.
- [7] *Infračervené záření* [online] 2.3.2016. Dostupné na WWW: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/Infra%C4%8Derven%C3%A9\\_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Infra%C4%8Derven%C3%A9_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD)>.
- [8] *Systémy asistence řidiči* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <[http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/driving\\_comfort\\_3/driving\\_comfort\\_systems\\_for\\_passenger\\_cars\\_4/driver\\_assistance\\_systems\\_14/driver\\_assistance\\_systems\\_5.html](http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/driving_comfort_3/driving_comfort_systems_for_passenger_cars_4/driver_assistance_systems_14/driver_assistance_systems_5.html)>.
- [9] *Laser* [online]. Dostupné na WWW: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>>.
- [10] *PDC (Park Distance Control)* [online] 10.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.autolexicon.net/cs/articles/pdc-park-distance-control/>>.
- [11] *Parkovací asistent* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <[http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component\\_3/CO\\_PC\\_DA\\_Parking-Assistance\\_CO\\_PC\\_Driver-Assistance\\_813.html?compId=366](http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component_3/CO_PC_DA_Parking-Assistance_CO_PC_Driver-Assistance_813.html?compId=366)>.
- [12] *Ultrazvukové snímače* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=9226>>.

- [13] *Obrazové snímače CCD vs. CMOS* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.netcam.cz/encyklopedie-ip-zabezpeceni/obrazove-snimace-ccd-cmos.php>>.
- [14] *Stereovideokamera* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <[http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component\\_3/CO\\_PC\\_DA\\_Road-Sign-Recognition\\_CO\\_PC\\_Driver-Assistance\\_768.html?compId=1794](http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component_3/CO_PC_DA_Road-Sign-Recognition_CO_PC_Driver-Assistance_768.html?compId=1794)>
- [15] *Víceúčelová kamera* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <[http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component\\_3/CO\\_PC\\_DA\\_Road-Sign-Recognition\\_CO\\_PC\\_Driver-Assistance\\_768.html?compId=1795](http://www.bosch-mobility-solutions.cz/cs/cz/component_3/CO_PC_DA_Road-Sign-Recognition_CO_PC_Driver-Assistance_768.html?compId=1795)>.
- [16] *City Safety* [online] 16.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://support.volvocars.com/cz/cars/pages/owners-manual.aspx?mc=Y285&my=2015&sw=14w46&category=5a5e2339e5cf07c7c0a801e80161b311>>.
- [17] *Funkce asistenčního systému držení jízdního pruhu v pracovních místech na pozemních komunikacích* [online] 15.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/funkce-asistencniho-systemu-drzeni-jizdniho-pruhu-v-pracovnich-mistech-na-pozemnich-komunikacich>>.
- [18] VAVŘÍK, Jan. *Adaptive Cruise Control*. Plzeň, 2010. Doprovodný učební text.
- [19] *Pulse-Doppler radar* [online] 6.3.2016. Dostupné na WWW: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-Doppler\\_radar](https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-Doppler_radar)>.
- [20] *Parkovací asistent – nejen pro začátečníky* [online] 3.3.2016. Dostupné na WWW: <[https://www.autorevue.cz/parkovaci-asistent---nejen-pro-zacatecniky\\_1](https://www.autorevue.cz/parkovaci-asistent---nejen-pro-zacatecniky_1)>.
- [21] *Pomocníci pro parkování* [online] 15.3.2016. Dostupné na WWW: <<https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/pomocnici-pro-parkovani.html>>.
- [22] *Tegra X1 v Audi nahradí řidiče. Je to mobilní čip se silou superpočítače* [online] 15.3.2016. Dostupné na WWW: <[http://technet.idnes.cz/ces-2015-tegra-x1-0d7-/hardware.aspx?c=A150105\\_102019\\_hardware\\_nyv#utm\\_source=sph.idnes&utm\\_medium=richtext&utm\\_content=top6](http://technet.idnes.cz/ces-2015-tegra-x1-0d7-/hardware.aspx?c=A150105_102019_hardware_nyv#utm_source=sph.idnes&utm_medium=richtext&utm_content=top6)>.
- [23] *Bezpečnostní systémy v osobních automobilech* [online] 19.2.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.tipcars.com/magazin-bezpecnostni-systemy-v-osobnich-automobilech-3757.html>>
- [24] *Lidar Drives Hella's ACC Bid* [online] 6.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://wardsauto.com/news-analysis/lidar-drives-hella-s-acc-bid>>.



- [25] *What is BLIS? (Blind Spot Information System)* [online] 11.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.ipdusa.com/techtips/10086/what-is-blis-blind-spot-information-system>>
- [26] *Ford Answers Customers Request For Better Vehicle Visibility* [online] 14.3.2016. Dostupné na WWW: <<http://www.automobilesreview.com/auto-news/ford-answers-customer-requestsfor-better-vehicle-visibility/8255/>>
- [27] *Jak fungují parkovací senzory? A co všechno umí parkovací asistent?* [online] 8.12.2017. Dostupné na WWW: <<https://automix.cars.cz/zivot-ridice/jak-funguji-parkovaci-senzory-a-co-parkovaci-asistent-20170607.html>>.
- [28] Norma ČSN 73 6056 *Odstavné a parkovací plocho silničních vozidel*. 2011

## Seznam obrázků

- Obr. 1.1 Rozmístění aktivních senzorů ve vozidle
- Obr. 1.2 Systémy detekce okolí vozidla a jejich dálkový rozsah
- Obr. 1.3 Systém nočního vidění od společnosti Bosch
- Obr. 1.4 Radarový senzor Bosch dlouhého dosahu LRR3
- Obr. 1.5 Laserový snímač a jeho umístění pod světlometem
- Obr. 1.6 Closing Velocity senzor – vlevo, jeho umístění – vpravo
- Obr. 1.7 Ultrazvukový senzor
- Obr. 1.8 Znárodnění funkce Asistentu bočního pohledu
- Obr. 1.9 Stereovideokamera
- Obr. 1.10 Víceúčelová kamera
- Obr. 1.11 Vysílač a přijímač laserového senzoru v čelním okně
- Obr. 1.12 Monochromatická multifunkční kamera – Škoda Octavia 3. generace
- Obr. 1.13 Lane Assist – Škoda Superb
- Obr. 1.14 Funkce adaptivního tempomatu
- Obr. 1.15 Dělení radarů
- Obr. 1.16 MMW Radar
- Obr. 1.17 Parkovací systém PDC
- Obr. 1.18 Automatický parkovací asistent - princip
- Obr. 1.19 Zobrazení průběhu parkovacího manévru na přístrojové desce
- Obr. 1.20 Systém Surround View od BMW
- Obr. 1.21 Parkovací stání s podélným řazením vozidel
- Obr. 2.1 Rozměry testovaného vozidla Škoda Superb
- Obr. 2.2 Vyhrazený prostor pro experiment
- Obr. 2.3 Výchozí pozice pro započítání jízdy
- Obr. 2.4 Umístění ovládacího tlačítka parkovacího asistentu
- Obr. 2.5 Zobrazení vyhledání vhodného místa pro zaparkování na displeji
- Obr. 2.6 Výzva k zařazení zpětného chodu
- Obr. 2.7 Upozornění systému k zásahu do řízení
- Obr. 2.8 Výzva k zařazení zpětného chodu
- Obr. 2.9 Výzva k zařazení dopředného chodu
- Obr. 2.10 Ukončený parkovací manévr – předobčnı pohled

Obr. 2.11 Ukončený parkovací manévr – pohled zepředu

Obr. 2.12 Ukončený parkovací manévr – zadoboční pohled

## Seznam použitých symbolů

m - metr

mm - milimetr

$\mu\text{m}$  - mikrometr

cm - centimetr

GHz - gigahertz

kHz - kilohertz

km/h – kilometr za hodinu

$\mu\text{J}$  - mikrojoul

mW - miliwatt

ns - nanosekunda

dB – decibel

## Seznam zkratek

ESP - Electronic Stability Program

ABS - Antiblock Braking System

ASR - Anti-Slip Regulation

AEB - Autonomous Emergency Braking

ACC - Adaptive Cruise Control

TCS - Traction Control System

AFS - Active Freeze Suspension

LDS - Lane Departure System

LA - Lane Assist

LKA - Lane Keeping Assist

HUD - Head Up Display

NIR - Near-infrared

SWIR - Short-wavelength infrared

MWIR - Mid-wavelength infrared

LWIR - Long-wavelength infrared

FIR - Far-infrared

DIN - Deutsches Institut für Normung

PDC - Park Distance Control

PA – Park Assist

CCD - Charge-Coupled Device

CMOS - Complementary Metal Oxide Semiconductor

MMW - Milimeter-wave

FMCW - Frequency Modulated Continuous Waves

SSR - Short-Range-Radar

DSG – Direktschaltgetriebe, Direct Shift Gear