



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt CZ.1.07/2.3.00/09.0086

Podpora VaV a vzdělávání pro VaV v oblasti mechatroniky silničních vozidel

Bezpečnostní prvky a vision systémy vozidel

Doprovodný učební text

Ing. Jan Vavřík

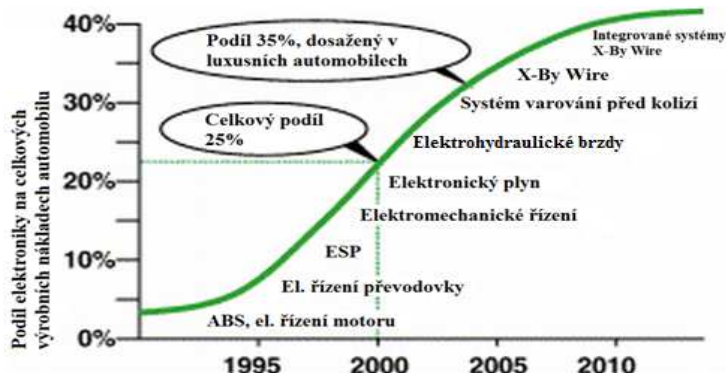
2010

Obsah

1.	Úvod.....	3
2.	Bezpečnost silničního provozu.....	3
2.1	Asistenční systémy	4
2.2	CAPS	4
3.	Adaptive Cruise Control.....	6
3.1	Výhody ACC	6
3.2	Nevýhody a omezení ACC	7
3.3	Prvky ACC	8
3.4	Radar.....	8
3.4.1	MMW RADAR	8
3.4.2	FM-pulse Doppler radar	9
3.5	Ovládání adaptivního tempomatu.....	9
3.6	Nasazení ACC	9
3.7	Trendy u ACC	10
4.	Traffic Sign Recognition.....	10
4.1	Omezení TSR	10
4.2	Struktura TSR	11
4.2.1	CCD, CMOS	11
4.2.2	SuperCCD SR	11
4.3	Trendy v TSR	12
4.4	Algoritmus pro rozpoznávání dopravních značek	12
4.4.1	Vybrané značky pro rozpoznávání	12
4.4.2	Video and Image processing blockset.....	13
4.4.3	Subsystem Input Video	13
4.4.4	Subsystem Detection	14
4.4.5	Detection Template	15
4.4.6	Blok Detection.....	15
4.4.7	Subsystem Tracking	16
4.4.8	Subsystem Recognition	16
4.4.9	Recognition Template	17
4.4.10	Subsystem Display	18
4.5	TravelPilot	18
4.6	Augmented Driving	19
5.	Lane Departure Warning.....	19
5.1.1	Algoritmus pro LDW	20
5.2	Nasazení LDW v osobních automobilech	20
6.	Night vision	21
6.1	Aktivní X Pasivní systém	21
6.2	Infračervená kamera	22
6.3	Nasazení Night Vision.....	23
7.	Pedestrian Protection.....	23
8.	Závěr.....	24
9.	Použitá literatura	25

1. Úvod

Elektronika zaznamenala v posledních dvaceti letech neskutečný rozmach. Její rozšíření a uplatnění v automobilové dopravě značně ovlivnilo mnohé funkce automobilu. Řídící jednotka podpořená dalšími elektronickými prvky má nyní na starost takřka veškeré systémy. V současné době se cena elektronického vybavení blíží polovině ceny vozidla a její podíl na ceně neustále roste, podobně jako v letecké technice.



Obr. 1-1: Podíl elektroniky na ceně automobilu

Elektroniku lze nalézt takřka všude, ať už se jedná o řízení motoru, kontrolu stability, osvětlení, řízení po drátě, navigaci, multimediální výbavu a například zvyšování komfortu. Velký význam má ale také z hlediska bezpečnosti.

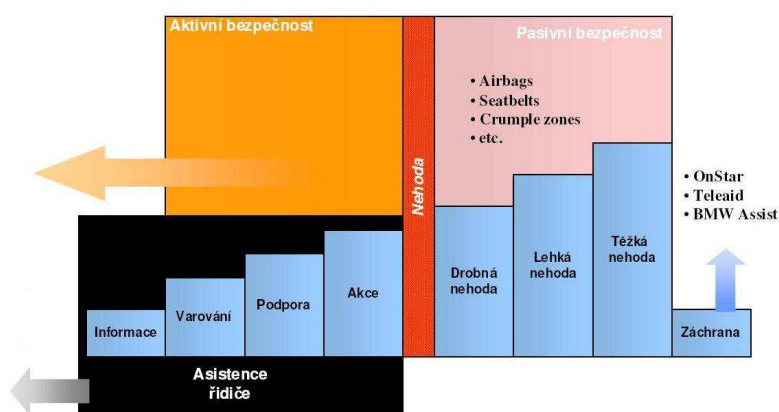
2. Bezpečnost silničního provozu

Bezpečnost silničního provozu ovlivňuje mnoho faktorů, které se přímo podílí na provozu. Hlavním strůjcem a současně i hlavním objektem zájmů je jakýkoli účastník silničního provozu: chodec, řidič, cyklista. Velký vliv na bezpečnost má také stav vozidla a silnice.



Obr. 2-1: Rozdělení bezpečnosti silničního provozu

Pro konstrukci vozidla je důležitá provozní bezpečnost, která se dělí na aktivní a pasivní. Aktivní bezpečnost zahrnuje prvky či systémy působící preventivně na bezpečnost. Účinně předcházejí nehodám nebo krizovým situacím. Dále tyto systémy usnadňují řízení vozidla. U automobilů jsou nejdůležitější prvky aktivní bezpečnosti účinné brzdy umožňující bezpečné zpomalení nebo zastavení vozidla, dobrý výhled z vozidla, dobré pneumatiky, přesné a spolehlivé řízení, kvalitní tlumiče zajišťující dostatečný kontakt pneumatik s vozovkou nebo osvětlení vozidla. Mezi další prvky aktivní bezpečnosti patří elektronické systémy jako ABS, ASR, EBA nebo ESP. Aktivní bezpečnost, její prvky a systémy, působí do okamžiku vzniku nehody. Během a po nehodě přichází ke slovu pasivní bezpečnost a její prvky. Jejímž hlavním cílem je zmírnit následky dopravní nehody a ochránit účastníky dopravního provozu. U automobilů mezi prvky pasivní bezpečnosti patří zejména deformační zóny vozidla, bezpečnostní pásy a airbagy.



Obr. 2-2: Aktivní x Pasivní bezpečnost

2.1 Asistenční systémy

Veliká pozornost je v současné době kladena na prvky a systémy, které dokážou předcházet nehodám. Jedná se jednak o klasické prvky aktivní bezpečnosti ESP, ABS, BAS, ASR, ale také o asistenční systémy, které včas před krizovou situací varují řidiče. Jsou to například tyto systémy: Pedestrian Protection, Night Vision, Adaptive Cruise Control, Lane Departure Warning a Traffic Sign Recognition. Mnohé asistenční systémy jsou ve větší míře nabízeny jako doplňková výbava luxusních vozů. Pomalu se však dostávají i do vozů střední třídy. Jejich uplatnění a přínos počítá s výrazným pozitivním ovlivněním statistik nehod, ze kterých vyplývá, že až 66% čelních nehod je způsobena nepozorností řidiče, k 75% všech nehod dochází v rychlostech nižších než 30 km/h, při tom polovina řidičů (kteří narazí do vozidla před sebou) před kolizí vůbec nebrzdí, 60% nehod se vůbec nemusí stát, zareagoval by řidič o půl sekundy dříve. Předpokládá se, že asistenční systémy vozidel mohou redukovat čelní srážky až o 90%.

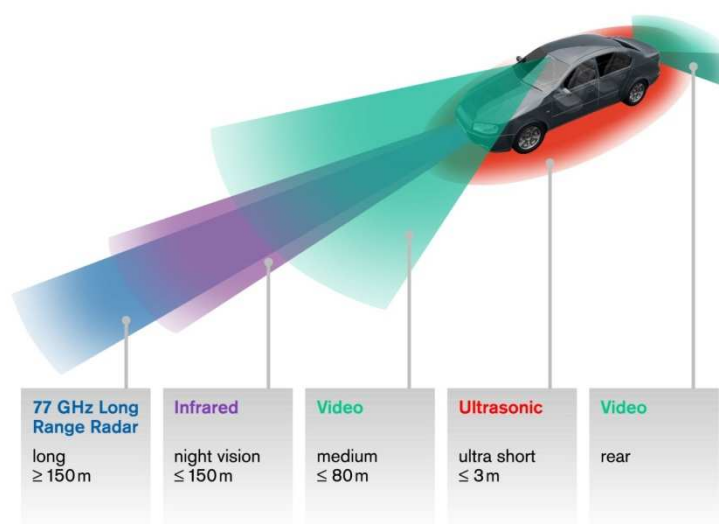
2.2 CAPS

V minulosti pracovaly jednotlivé bezpečnostní prvky odděleně. Současný trend vede k propojování všech zařízení do jednoho celku. Tedy jeden prvek bude reagovat na základě údajů, které poskytne prvek jiný. Zjednodušeně to můžeme říci tak, že pokud například senzory systému ESP zjistí kritické hodnoty znamenající riziko havárie, připraví se airbagy, napnou se pásy, brzdová soustava nachystá maximální tlak a podobně.

Jedním ze systémů, který částečně propojuje prvky aktivní a pasivní bezpečnosti je i systém Predictive Safety System vyvinutý firmou Bosch. Jedná se o systém, který rozšiřuje funkci

adaptivního tempomatu. Adaptivní tempomat z radarových dat rozpoznává vozidla a překážky před sebou a zajišťuje tak svou funkci. V případě kritické situace, kdy je detekováno vozidlo vpředu jedoucí výrazně pomaleji, či překážka v nebezpečné blízkosti, systém Predictive Safety System upozorní řidiče zvukovým, nebo vizuálním signálem a připraví brzdy na náhlé brzdění. Řidič tak může v předstihu rozpoznat kritickou situaci a reagovat na ní s minimální odezvou brzd.

Nesporné výhody přicházející propojením všech prvků aktivní a pasivní bezpečnosti lze nalézt ve snaze výrobců zabývajících se systémem CAPS (Combinad Active and Passive Safety). Firma Bosch se zatím soustředí na CAPS systému pro zabránění čelních nehod. K těmto účelům navrhl tzv.: „sensitive car“, automobil plný senzorů. Většinu senzorů pro systém CAPS již mnohé automobily a jejich asistenční systémy využívají pro svou funkci. Snahou Bosch je tyto systémy propojit, doplnit o nové funkce a pokud možno pro snížení ceny využít stávajících řídicích jednotek automobilu.



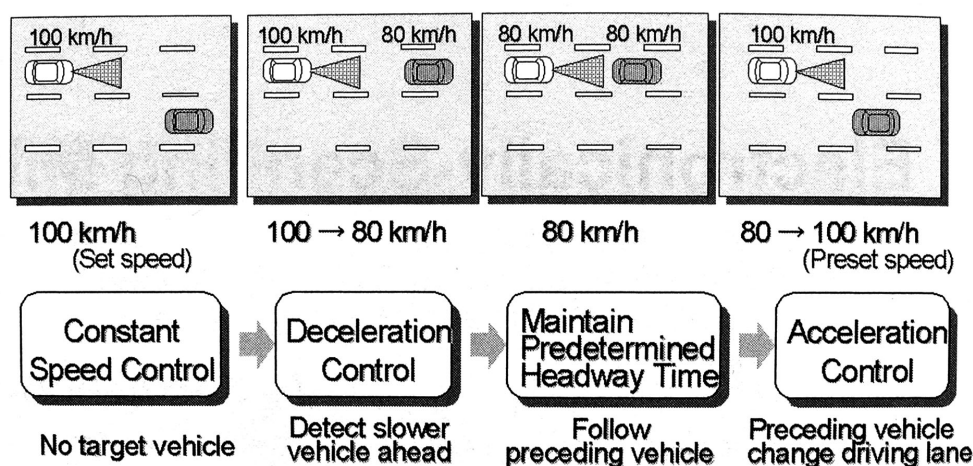
Obr. 2-3: Sensitive car

Činnosti, které může vykonat CAPS v případě předpokládaného nárazu:

- Upozornění řidiče mechanickým (vibracemi volantu, sedačky, nebo plynového pedálu) případně vizuálním způsobem
- Aktivace brzdového systému, příprava na náhlé brzdění
- Zavření okének a případně střešního okna
- Předepnutí bezpečnostních pásů
- Elektricky ovládané sedačky se zakotví v optimální poloze
- Nastavení opěrátka hlav
- V případě neodvratné kolize začne automaticky fungovat brzdový systém vozidla podporovaný systémem ABS, ESP
- Aktivace airbagu

3. Adaptive Cruise Control

Adaptivní tempomat ACC dokáže na rozdíl od klasického tempomatu nejen udržovat nastavenou rychlost, ale i reagovat na překážky před vozidlem a upravovat podle nich rychlost. ACC hlídá bezpečnou vzdálenost mezi vozidly, kterou určuje z aktuální rychlosti. Velikost dodržovaného rozestupu lze často podle potřeby nastavit ve třech různých úrovních: dlouhá, střední a krátká.



Obr. 3-1: Funkce adaptivního tempomatu

- 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

3.1 Výhody ACC

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

- Snížení zatížení 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.

- Komfortní jízda

Adaptivní tempomat zvyšuje bezpečnost a komfort jízdy. Výrazně se zjednodušuje ovládání vozidla.

- 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 spolupracující s GPS navigací dokonce upraví rychlost při jízdě v zatáčkách a na výjezdech.

- Hlídání 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, například v Audi A8 2010 sledují 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. [9]

- Optimalizace spotřeby paliva

Adaptivní tempomat ve vozidlech DAF je optimalizován tak, aby neměl nepříznivý dopad na spotřebu paliva.

3.2 Nevýhody a omezení ACC

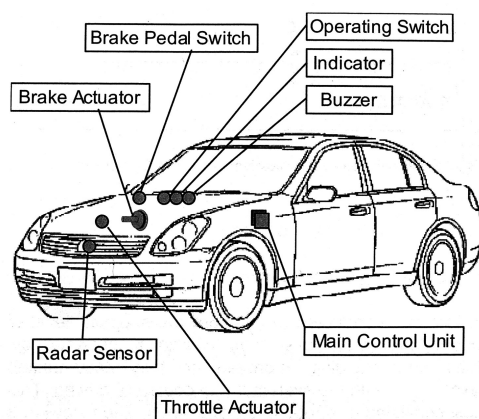
Adaptivní tempomat je podpůrný systém, který přispívá k uvolněnější a bezpečnější jízdě. Bohužel většina současných ACC systému je více či méně omezena v následujících případech:

- v klikatých zatáčkách a v prudkých kopcích
- za hustého deště či sněžení
- při jízdě křižovatkou či na parkovištích
- nemusí rozpoznat některé překážky, např. motocykly
- neregistrují zaparkovaná vozidla
- často fungují jen v určitém rychlostním rozmezí (30 – 180 km/h)
- neexistuje optimální vzdálenost k vpředu jedoucímu vozidlu
- cena

Některá omezení nové systémy a koncepce ACC překonávají a stávají se spolehlivějšími. Například systém ACC plus dovoluje použití tempomatu až do nulové rychlosti a usnadňuje tak popojíždění v kolonách.

Je však stále třeba mít na mysli, že adaptivní tempomat není automatický pilot. Řidič je po celou dobu plně zodpovědný za své vozidlo.

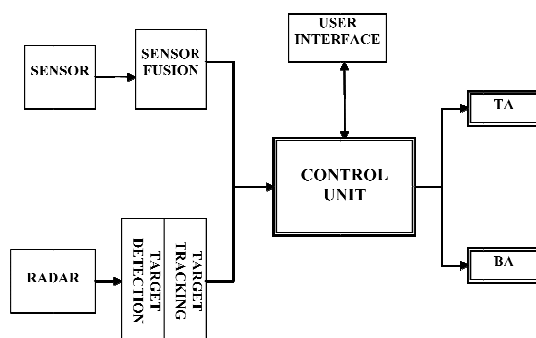
3.3 Prvky ACC



Obr. 3-2: Prvky ACC systému

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. S řidičem komunikuje prostřednictvím zvukové a světelné signalizace.

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.



Obr. 3-3: Prvky ACC systému

3.4 Radar

Radar neboli radiolokátor je zkratka pro Radio Detecting And Ranging. Jak název napovídá, jedná se o elektronický přístroj určený k identifikaci, zaměření a určení objektů pomocí velmi krátkých elektromagnetických vln. Výhody radaru, které ve velké míře přispívají k nasazení v ACC systémech, jsou malá citlivost na mlhu, déšť, sníh či jiné nepříznivé povětrnostní podmínky. Nevadí mu prašné prostředí a špatné světelné podmínky.

3.4.1 MMW RADAR

Klíčové komponenty ACC systému bývá MMW RADAR (milimeter-wave radar) s FMCW modulací. FMCW neboli Frequency Modulated Continuous Waves je metoda využívající spojitý mikrovlnný signál, jehož frekvence se v určitém pásmu lineárně mění. Vzdálenost měřeného objektu se stanoví porovnáním okamžité frekvence vysílaného signálu a přijímaného odraženého signálu.



Obr. 3-4: MMW Radar od firmy Bosch

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 v zimním období vyhřívaná. Radar je umístěn v přední autu před nebo za plastovou mřížkou.

3.4.2 FM-pulse Doppler radar

Pulzní Dopplerův radar se díky svým vlastnostem uplatňuje namísto MMW radarů 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.

3.5 Ovládání adaptivního tempomatu

ACC se ovládá pomocí tlačítek rozmístěných na volantu nebo páčkou na sloupku řízení. Stiskem tlačítka se navolí požadovaná rychlost jízdy. Dále je možné nastavit požadovaný rozestup od vozidla vpředu. U nových ACC je možné nastavit mnoho dalších údajů, rychlost a rozestup je však nutné nastavit v základu u všech. Funkčnost, výstražná upozornění, aktivace a deaktivace tempomatu je signalizována kontrolkou na přístrojové desce, nebo na head-up displeji. Při stlačení brzdového, nebo spojkového pedálu dojde k automatickému vypnutí tempomatu.

3.6 Nasazení ACC

- Nákladní automobily
Volvo FH, DAF CF a XF105, MAN TGX
- Osobní automobily
1997 – Toyota Celsior, Sienna, Avalon, Sequoia, Mitsubishi
1998 - Mercedes-Benz S-Class, E-Class, CLS-Class, SL-Class, Nissan Cima, Nissan Primera
1999 – Jaguar XK-R, XJ, XF
2000 - Lexus LS430/460 (laser and radar), GS, IS, ES 350, and LX 570
Volvo S80, V70, XC70, XC60, S60; Audi A8, A5, Q5, A6, Q7
Volkswagen Touareg, Passat, Touareg, Golf; BMW 7, 5, 6, 3 series
Honda Accord, Inspire, Legend; Chrysler 300C; Hyundai Genesis
Ford Mondeo, S-Max, Galaxy, 2010 Taurus; Renault Vel Satis
Subaru Legacy & Outback; Nissan Cima, Primera

3.7 Trendy u ACC

Nové generace adaptivních tempomatu postupně odstraňují nedostatky předchozích tempomatů. Mnoho ACC systémů pracovalo správně pouze na rovných úsecích. Nové generace doplňují data z radarového snímače například daty z video či infra kamery a plně pracují i v nepřímých či kopcovitých pasážích. Kamera spolu s počítačem pro zpracování obrazu s příslušným programovým vybavením umožňuje průběžně analyzovat situaci před vozidlem. Radar i kamery v přídě vozu zachytí větší počet vozidel před sebou a na základě údajů o vozidlech je nutné vybrat nejbližší vozidlo ve stejném pruhu.

Audi ve svém voze A8 představeným v roce 2010 propojil ACC s GPS. Díky tomuto spojení zná adaptivní tempomat trasu jízdy, ví směr cesty a sám dokáže upravovat jízdu v zatáčkách, či při sjezdech z dálnice.

Funkčnost ACC od určité rychlosti odstraňuje systém ACC plus, který je schopen pracovat při velmi malých rychlostech, při popojíždění v dopravních zácpách a ve městech ve špičkách provozu. V těchto situacích dochází velmi často k drobným nehodám, protože řidič neudrží po dlouhou dobu zvýšenou pozornost. Systém ACC plus umožní jízdu v koloně rychlostí řádově kilometry za hodinu, vždy s přesným zastavením ve vzdálenosti řádově metrů od automobilu jedoucího vpředu, jenž právě zastavil. Pokud se automobil vpředu opět rozjede, je na to řidič upozorněn optickým a akustickým signálem. Stačí, aby stiskl ovladač a ACC plus uvede vozidlo znovu do pohybu.

4. Traffic Sign Recognition



Obr. 4-1: TSR

Jedná se o asistenční systém pro rozpoznávání dopravních značek. TSR zpracovává data z kamery umístěné v automobilu poblíž zpětného zrcátka. Kamera sleduje dění před vozidlem a vyhledává dopravní značky porovnáním snímaného obrazu se vzory značek uloženými v paměti systému. Informace o rozpoznaných značkách poté předává palubnímu počítači. Nalezené značky se zobrazí na přístrojovém panelu, nebo na head-up displeji. Řidič je vizuálně a zvukově upozorněn na překročení povolené rychlosti, nebo například, že minul značku zákaz vjezdu.

Systém výraznou měrou ulehčuje práci řidiči, který tak může vyšší pozornost věnovat řízení a ne sledováním dopravních značek. Zvyšuje se tak bezpečnost silničního provozu.

4.1 Omezení TSR

Systém není stoprocentní. Nemusí rozpoznat korektně všechny značky. Rozpozná pouze značky, které má uložené v databázi. Naštěstí ve více jak 80 zemí světa platí podle Vídeňské konvence o dopravních značkách a signálech z roku 1968 jednotné dopravní značení.

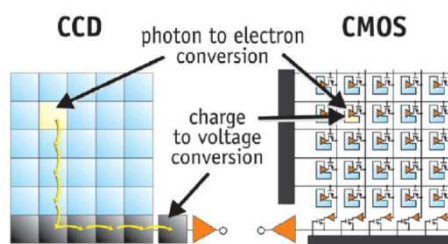
Protože jsou dopravní značky hledány na snímcích z kamery, je funkce TSR značně ovlivněna kvalitou pořízených snímků. Omezení vzniká při špatných světelných podmínkách, za nepříznivého počasí, deště či v mlze. TSR má také problémy s částečně zakrytými či poškozenými značkami.

4.2 Struktura TSR

Systém se skládá z kamery snímající dění před vozidlem, řídicí jednotky, která zpracovává zachycené snímky podle rozpoznávacího algoritmu a z displeje, na kterém jsou zobrazeny nalezené dopravní značky.

4.2.1 CCD, CMOS

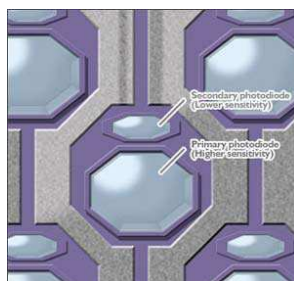
Kamera využívají CCD nebo CMOS čip. Obě tyto zkratky pochází z angličtiny a jejich význam naznačuje princip, na němž oba senzory fungují. Zkratka CCD pochází z anglického Charge-Coupled Device, což v překladu znamená zařízení s vázanými náboji a zkratka CMOS neboli Complementary Metal–Oxide–Semiconductor znamená doplňující se kov-oxid-polovodič. Rozdílný princip technologií CCD a CMOS spočívá v tom, že senzory CCD přesouvají vzniklý náboj z pixelu na pixel a převádějí jej na napětí až na výstupním uzlu, kdežto senzory CMOS převádějí náboj na napětí uvnitř každého pixelu.



Obr. 4-2: CCD a CMOS technologie

4.2.2 SuperCCD SR

Běžné digitální kamery mají úzký dynamický rozsah výsledného obrazu. Vznikají čistě bílé a naopak tmavé oblasti, v kterých není patrna žádná kresba. Tyto oblasti snímku jsou pro vyhodnocení nevhodné a značně komplikují a omezují rozpoznávání objektů. K detekci předmětů je vhodné používat snímací technologie umožňující vyšší dynamický rozsah. Řešení přináší například SuperCCD SR, který má v každé buňce dvě fotodiody lépe zobrazující scénu s oblastmi s velkým rozdílem jasů a stínů.



Obr. 4-3: SuperCCD SR

Velké a běžně citlivé „Primary photodiode“ v podstatě kopírují citlivost pixelů běžných CCD nebo CMOS snímačů. Jejich dynamický rozsah končí někde kolem 6 EV. Dopadá-li na ně jasnější světlo než jejich mezní hodnota, produkují již pouze čistě bílou, která se běžně projevuje do běla vypálenými místy na fotografii.

Naproti tomu „Secondary photodiode“ mají citlivost na světlo cca 4x nižší a tím "kreslí" i tam, kde již primární photodiody dávají pouze bílou. V důsledku toho je dynamický rozsah Super CCD SR čipu zvětšen.

4.3 Trendy v TSR

Systém lze spojit s adaptivním tempomatem, který potom může automaticky uzpůsobit rychlost podle rychlostního limitu na dopravní značce.

Propojením TSR s GPS rozšíří množství zobrazených značek o značky z databáze GPS map. Například systém pomocí GPS ví, že v úseku na kterém se nachází, je omezena rychlost, že se nachází ve městě, nebo v jednosměrné ulici.

4.4 Algoritmus pro rozpoznávání dopravních značek

Nalezení dopravní značky v pořízeném snímku je téměř vždy prováděno ve dvou krocích.

- Detection

Detection – neboli určení polohy dopravní značky. U tohoto kroku se hledá místo na fotografii, kde se s největší pravděpodobností nalézá dopravní značka. K tomu se využívá detekce charakteristické barvy, nebo detekce charakteristického tvaru.

- Recognition

Recognition – neboli rozpoznání dopravní značky. Tento krok určí dopravní značku nacházející se na místech vybraných z předchozího kroku. K tomu se využívá databáze dopravních značek. Jednotlivá místa jsou porovnávána se značkami v databázi a je vybrána značka s největší shodou.

4.4.1 Vybrané značky pro rozpoznávání

V ukázkovém příkladě je rozpoznáváno následujících 6 dopravních značek:

- Zákaz vjezdu všech vozidel
- Stůj, dej přednost v jízdě
- Dej přednost v jízdě
- Zákaz vjezdu
- Přednost protijedoucích vozidel
- Zákaz vjezdu všech motorových vozidel

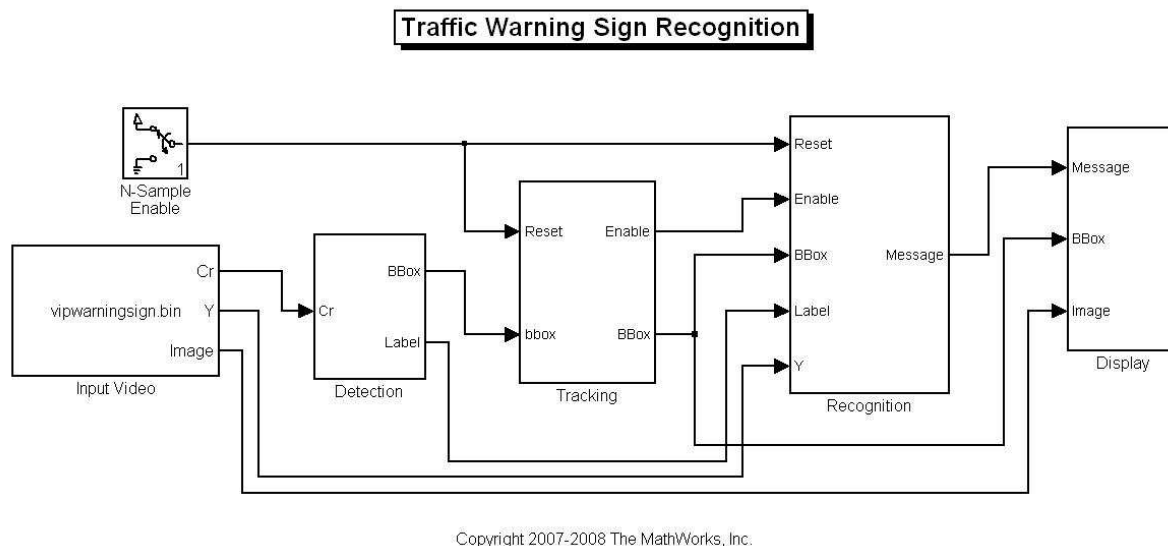
Všechny tyto značky upravují přednost v jízdě na dopravních komunikacích. Jejich společný charakter je červená barva. Proto i v prvním kroku Detection budou hledána místa obsahující červenou barvu.



Obr. 4-4: Rozpoznávané značky

4.4.2 Video and Image processing blockset

Ukázkový algoritmus byl vytvořen v Simulinku, v nástavbě Matlabu. Simulink pro zpracování obrazu využívá knihovnu Video and Image processing blockset. Celý algoritmus vychází z knihovny pro tento blockset.



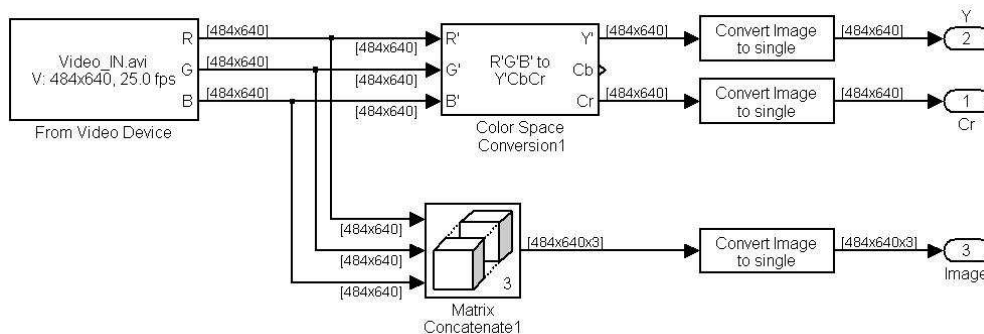
Obr. 4-5: Algoritmus pro rozpoznávání dopravních značek

Algoritmus se skládá z několika subsystémů:

- Načtení Video (Input Video)
- Detekce dopravních značek (Detection)
- Sledování dopravních značek (Tracking)
- Rozpoznání dopravních značek (Recognition)
- Zobrazení informací o dopravních značkách (Display)

4.4.3 Subsystém Input Video

Video je načteno ze zvoleného zařízení v bloku „From Video Device“. Ze kterého přichází ve třech vrstvách RGB o rozlišení 640 na 480 bodů. Blok „Color Space Conversion“ převede video z RGB kanálu do jasové složky Y a dvou barevných vrstev Cb a Cr. Jasový kanál je využit v kroku Recognition, barevný Cr kanál v kroku Detection. Ve druhé větvi subsystému jsou vrstvy RGB sloučeny do jednoho kanálu a směřují do posledního kroku k zobrazení.

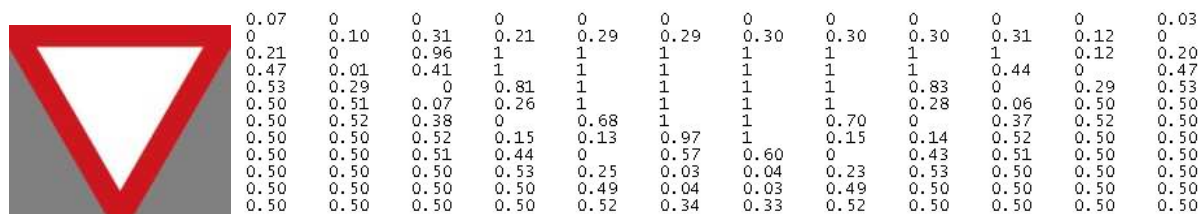


Obr. 4-6: Subsystém Input



Obr. 4-7: Horní řada- obraz ve vrstvách RGB, Dolní řada obraz v Y,Cb,Cr

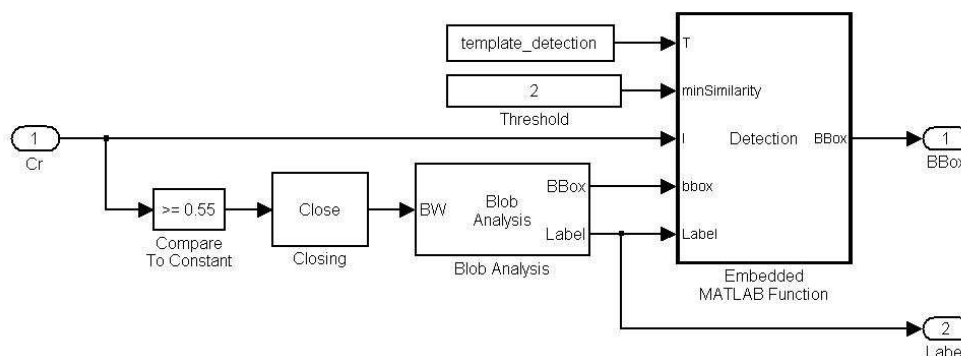
Video je načítáno po jednotlivých snímcích ve třech barevných vrstvách RGB. Každá vrstva představuje matici čísel, kde jednotlivá čísla udávají jak moc je na dané pozici určité barvy. Například obrázek dopravní značky dej přednost v jízdě o velikosti 12 x 12 bodů, zobrazený v zelené vrstvě obrazu, načte Simulink jako matici 12 x 12 (obr: 4-8).



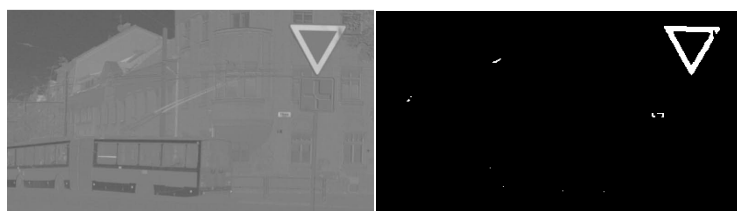
Obr. 4-8: Zelená vrstva obrazu

4.4.4 Subsystem Detection

Do subsystému vstupuje Cr barevný kanál obrazu (obr. 4-10), ze kterého jsou ve spodní větvi vybrány pouze body s hodnotou vyšší jak 0.55. Tyto body mají červenou barvu. Výsledek separace červených oblastí je patrný na obr. 4-10 v pravé části.

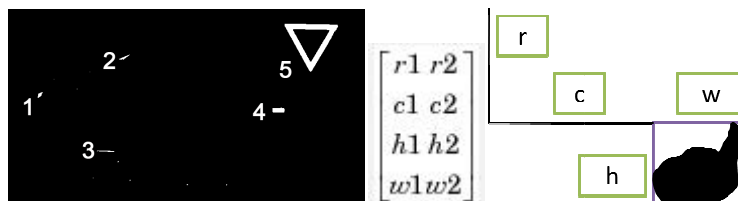


Obr. 4-9: Subsystem Detection



Obr. 4-10: Cr kanál obrazu, Červené separované části obrazu

Blok „Blob Analysis“ určí pozici a velikost jednotlivých vybraných oblastí a uloží je do matice o čtyřech řádcích, počet sloupců udává počet nalezených oblastí. Oblasti jsou popsány pomocí schématu na obr. 4-11.



Obr. 4-11: Nalezené červené obalsti, Matice Blob Analysis, Popis matice

4.4.5 Detection Template

Detekční šablona vybraných dopravních značek je uložena v Cr barevném kanálu. Obsahuje 6 matic o velikosti 12 x 12. Všechny matice jsou uloženy tak, aby číselné údaje v matici blížíci se k 1 reprezentovali červenou barvu (zobrazeno bíle) a údaje blížíci se k -1 reprezentovali bílou barvu (zobrazeno černě).



Obr. 4-12: Detection Template

4.4.6 Blok Detection

Do bloku „Detection“ vstupují:

- T - šablony značek (pro detekci)
- minSimilarity - minimální shoda šablony a vybrané oblasti (BBox)
- I - Cr barevná vrstva obrazu
- bbox - vybrané oblasti obrazu (potenciální místo výskytu dopravní značky)
- Label - označení oblastí obrazu

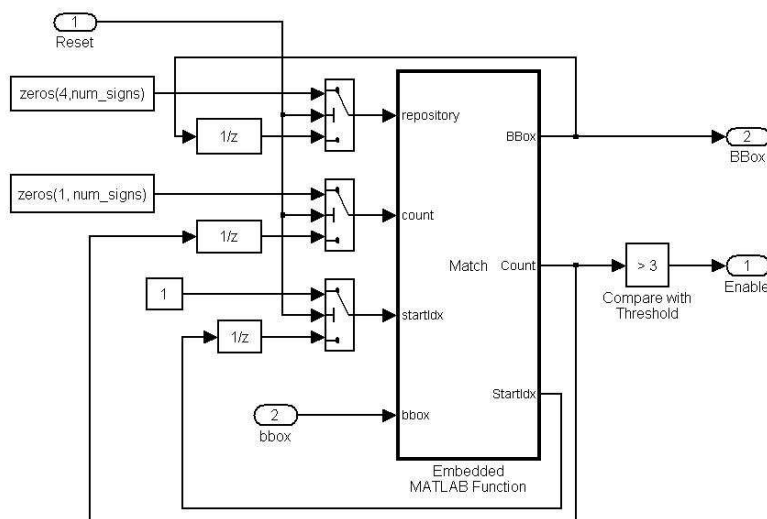
Výstup tvoří pouze matice BBox, která již obsahuje pouze údaje o červených oblastech, které se s danou podobností shodují s detekční šablonou.

Funkce Detection načte obraz v Cr kanálu: I (rowi, coli). Pomocí BBoxu vybere pouze jednotlivé oblasti obsahující červenou barvu: F (rowbox, colbox). Tyto oblasti přepočítá na velikost šablony, tedy na velikost 12 x 12: F (rowbox, colbox) → F (row, col). Od vybraných matic odečte jejich střední hodnotu: $F = F - \text{mean}(F(:))$, čímž všechny hodnoty posune z intervalu $<0:1>$ do intervalu přibližně $<-0.5:0.5>$. Díky tomuto posunutí se rozložení jednotlivých matic podobá rozložení šablon, tedy údaje blížíci se ke kladnému maximu (0.5) reprezentují červenou barvu a údaje blížíci se k zápornému maximu (-0.5) reprezentují bílou barvu. Body vybraných oblastí jsou v následujícím kroku postupně vynásobeny s odpovídajícími body šablony a výsledek je uložen do proměnné S:

$S = S + T(\text{row}, \text{col}, i\text{Tmp}) * F(\text{row}, \text{col})$. Jsou-li body barevně shodné, parametr S roste (čím větší shoda bodu, tím rychlejší růst parametru S). Jsou-li body barevně rozdílné, parametr S klesá. Překročí-li konečný parametr S zadanou minimální shodu, nalézají se s největší pravděpodobností ve vybrané oblasti snímku dopravní značka. Pouze oblasti s $S > \text{minSimilarity}$ pokračují dále na zpracování.

4.4.7 Subsystem Tracking

- Vstup
 - o bbox – ohraničení oblastí v nichž se nachází dopravní značky
 - o Reset – nulování napočtených parametrů při změně scény
- Výstup
 - o BBox – ohraničení oblastí v nichž se nachází dopravní značky
 - o Enable – signál pro určení značky



Jednotlivé vybrané oblasti se v průběhu videosekvence pohybují, proto je nutné jejich sledování a propojování. O to se stará subsystem Tracking, který porovnává jednotlivé oblasti z předchozího snímku s oblastmi v aktuálním snímku. U jednotlivých oblastí posuzuje jejich polohu a velikost. Je-li významná shoda mezi oblastmi, spojí je a zvýší počet nalezení o 1. Dále ke zpracování postupují pouze oblasti, jejichž výskyt je minimálně ve třech následujících snímcích.

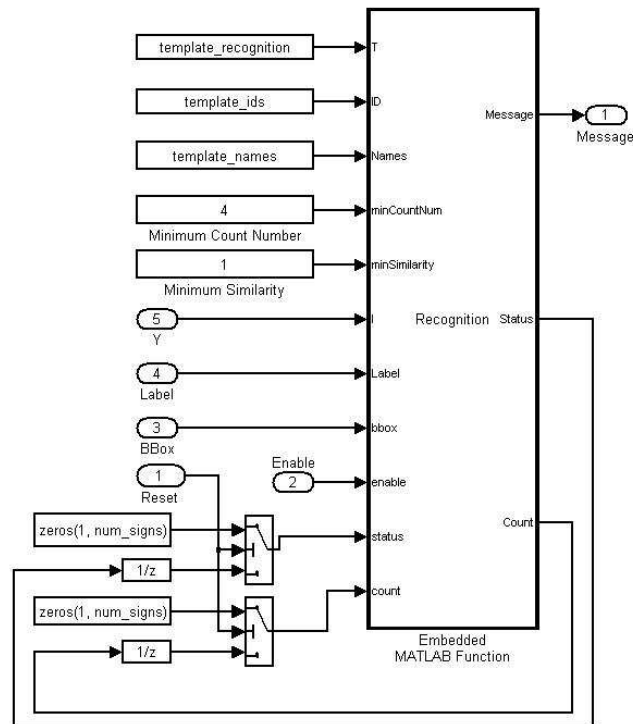
Obr. 4-13: Subsystem Tracking

4.4.8 Subsystem Recognition

Subsystem pracuje podobně jako block Detection. Jednotlivé oblasti snímku jsou porovnávány se šablonou a je hledána šablona s největší shodou.

- Vstupní hodnoty do bloku Recognition
 - o T – template_recognition
 - o ID – template_ids
 - o Names – template_names
 - o minCountNum
 - o minSimilarity
 - o I – jasová složka obrazu
 - o Label
 - o BBox
 - o Enable
 - o Reset

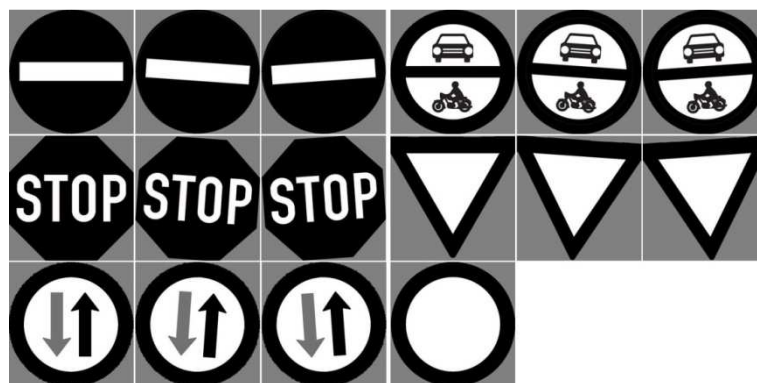
- Výstup tvoří pouze matice Message, obsahující informace o dopravní značce v dané oblasti



Obr. 4-14: Subsystem Recognition

4.4.9 Recognition Template

Šablona pro rozpoznání obsahuje všech 6 dopravních značek. Značky jsou uloženy v jasové složce a každá má velikost 18 x 18 bodů. Matice obsahují číselné hodnoty v intervalu $<-1,1>$. Kladné hodnoty matice blíží se k 1 zobrazují jasné, světlé části obrazu, záporné hodnoty matice blíží se k -1 představují tmavé oblasti a oblasti okolo hodnoty 0 zobrazují neutrální šedé oblasti.

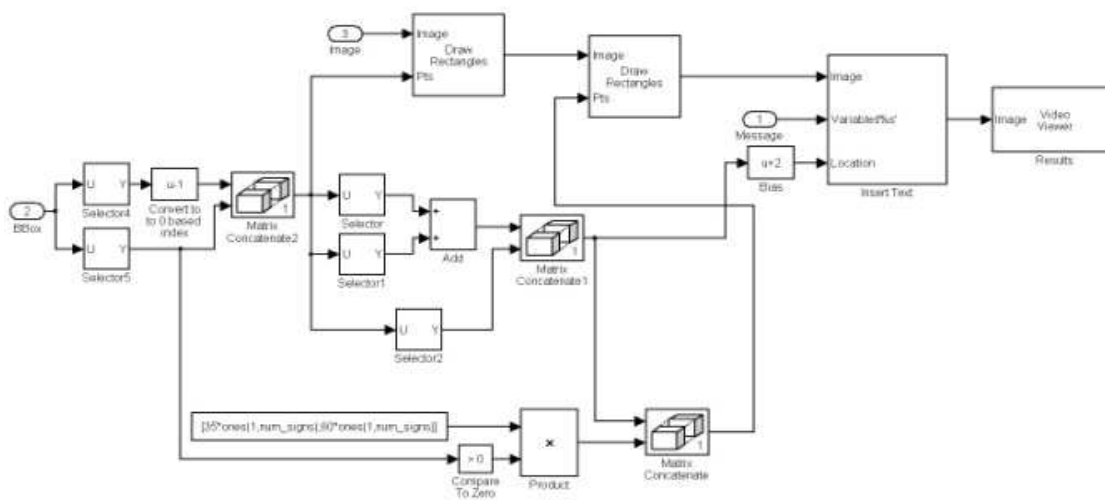


Obr. 4-15: Recognition Template

Každá značka je v šabloně uložena ve 3 různých natočení. Díky tomu je možné správně rozpoznávat i značky, které nejsou zachycené kamerou v přímé poloze. Možné natočení značky ve zbývajících dvou osách je redukováno v bloku „Recognition“ při přepočítávání oblasti s dopravní značkou na velikost šablony.

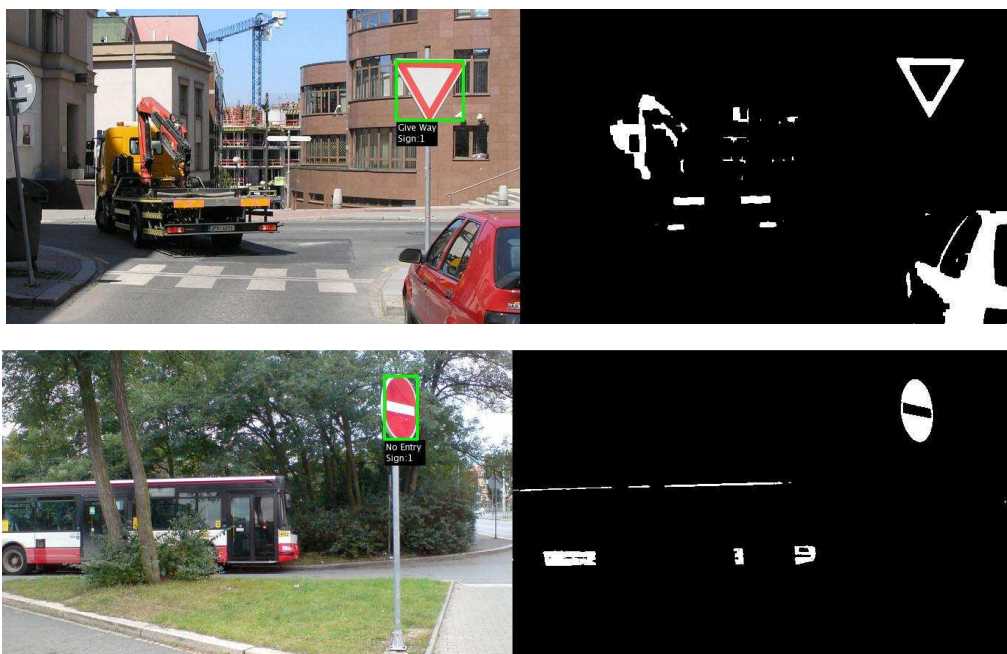
4.4.10 Subsystem Display

Subsystem slouží k přesnému vyznačení a k určení pozice textu informujícího o typu dopravní značky.



Obr. 4-16: Subsystem Display

Funkčnost algoritmu na rozpoznávání dopravních značek je možné vidět na následujících dvou příkladech. V levé části obrazu je zobrazen výstupní snímek se správně nalezenou a popsanou značkou. V pravé části je možné vidět separované červené oblasti snímku.



Obr. 4-17: Výsledné zobrazení

4.5 TravelPilot

Navigace TravelPilot od firmy Blaupunkt obsahuje na zadní straně kameru, která snímá dění před vozidlem a zachycený snímek zobrazuje na displeji přístroje. Obraz je poté doplněn navigačními povely a dalšími informacemi z GPS map. Přístroj je dále vybaven algoritmem

na zpracování obrazu, respektive rozpoznání dopravních značek. Nalezená a rozpoznaná značka je zobrazena na displeji přístroje.

4.6 Augmented Driving

Jedná se o program určený pro mobilní přístroje iPhone od firmy ImaGinyze. iPhone upevněný na čelní sklo automobilu snímá a zobrazuje situaci před vozidlem na displeji telefonu. V jednotlivých snímcích jsou rozpoznány vozidla, jízdní pruhy a dopravní značky. Vše je zvýrazněno na displeji s možností zvukové signalizace vybraných událostí.



Obr. 4-18: TravelPilot, Augmented Driving

5. Lane Departure Warning

Asistenční systém automobilu určený pro varování v případě opuštění jízdního pruhu. Řidič je zvukovým, nebo vibračním signálem upozorněn, že jeho vozidlo brzy vybočí z jízdního pruhu bez použití směrových světel. Systém je aktivní pouze v určitém rychlostním rozmezí. Nejčastěji při rychlostech nad 60 km/h.



Obr. 5-1: První generace LDW

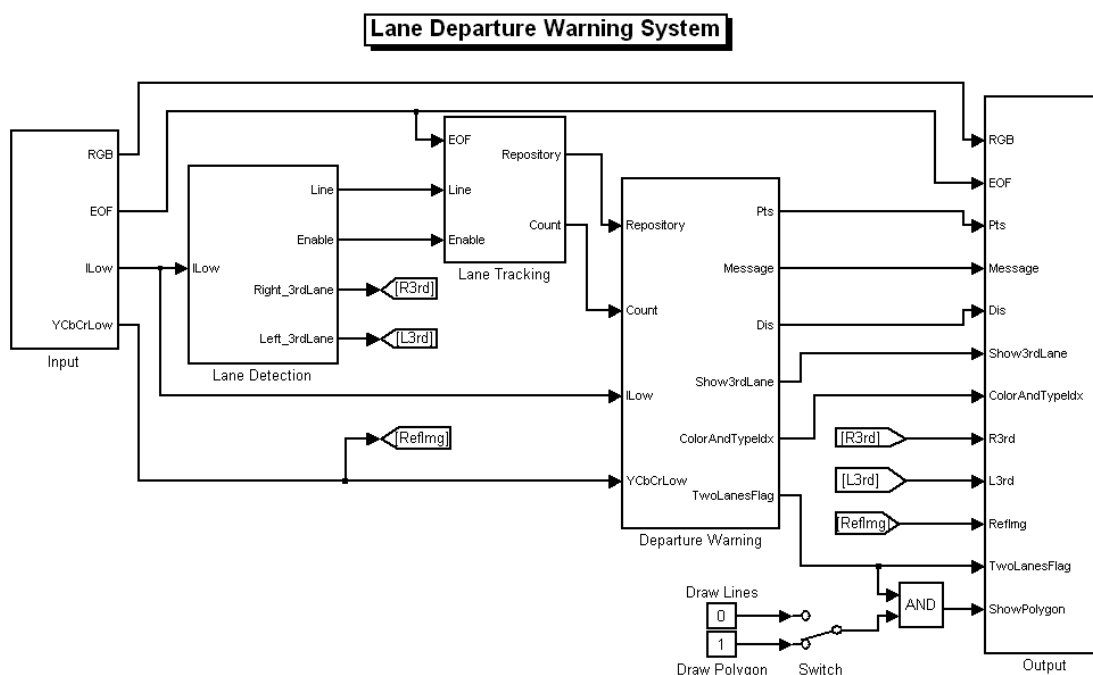
První generace systému nabízená kolem roku 2000 využívala data z infračervených senzorů rozmístěných zespodu předního nárazníku. Vjel-li automobil na bílou čáru na vozovce, zvýšilo se množství odražených infračervených paprsků. Díky tomu systém věděl, že vozidlo přejíždí dělicí čáru. A patřičným způsobem o tom informoval řidiče.

Současné asistenční systémy určují a vyhodnocují jízdu v jízdních pruzích zpracováním obrazu z video kamery umístěné nejčastěji pod zpětným zrcátkem automobilu. O záznam z videokamery se LDW dělí s mnoha dalšími systémy, například s TSR. Stejně jako ty je systém závislý na kvalitě zachyceného obrazu a na povětrnostních podmínkách.

Systém, varováním řidiče při přejíždění mezi jízdními pruhy, snižuje riziko nehody při mikrosnánku, upozorní na řidičovu nepozornost, nebo jen, že nepoužil směrových světel při předjíždění.

5.1.1 Algoritmus pro LDW

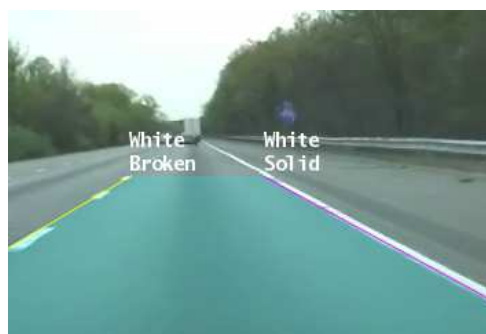
I tento algoritmus byl vytvořen v Simulinku ve Video and Image Processing Blocksetu a je přebrán z knihovny k tomuto programu.



Obr. 5-2: Algoritmus pro LDW

Algoritmus pracuje v několika krocích:

- Načtení videa
- Nalezení čar
- Sledování čar
- Zpracování informací a určení varování
- Zobrazení informací



Obr. 5-3: Výsledné zobrazení LDW

5.2 Nasazení LDW v osobních automobilech

- 2001 – Nissan Cima, Infiniti
- 2002 – Toyota Alphard
- 2003 – Honda Inspire
- 2005 – Citroen C4, C5, C6
- 2007 – Audi Q7
- 2008 – Volvo S80, V70, XC70
- 2008 – Peugeot 308
- 2009 – Mercedes-Benz E-class
- BMW, Kie Motors, FIAT, Lancia, Lexus, General Motors

6. Night vision

Asistenční systém sloužící k zvýšení viditelnosti pro řidiče za tmy a šera. Noční vidění využívá infračervenou kameru, zachycující infračervené světlo spektra. Za pomoci nočního vidění vidí řidič lépe a včas průběh silnice a jiné účastníky silničního provozu. Dosah nočního vidění je delší než mají potkávací světlomety, přičemž není oslněn řidič v protisměru. Infračerveným paprskům nevadí déšť, sníh ani mlha. Zachycený obraz je promítán na displeji navigačního přístroje, na přístrojové desce, nebo na head-up displeji. Nové noční vidění dokáže rozpoznat chodce či zvěř a upozornit na ně. K rozšíření tohoto asistenčního systému však brání vysoká cena infračervených kamer.

6.1 Aktivní X Pasivní systém

- Aktivní systém

Využívá infračervenou lampu osvětlující cestu a infračervenou kameru k zachycení odraženého záření.

- o Výhody
 - Vyšší kvalita zobrazeného obrazu
 - Lépe pracuje při vyšších teplotách okolí
- o Nevýhody
 - Nižší kontrast při zobrazení chodce či zvěře
 - Kratší dosah do 150 m

- Pasivní systém

Tento systém nepoužívá zdroj infračerveného záření, zachycuje existující tepelné záření emitované objekty

- o Výhody
 - Delší dosah až 300m
 - Vyšší kontrast při zobrazení chodce či zvířete
- o Nevýhody
 - Špatně pracuje v teplých oblastech



Obr. 6-1: Obraz z aktivního a pasivního systém

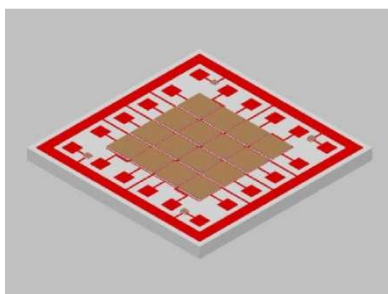
6.2 Infračervená kamera

Slouží k detekci objektů pomocí infračerveného světla o vlnové délce 880 nm. Toto světlo je pro lidské oko neviditelné. Základní vlastností infrakamery je schopnost snímat a zobrazovat záření objektů ve formě obrazů, neboli termogramů, které je možné prezentovat i v barevných paletách.



Obr. 6-2: Porovnání obrazu z CCD a IR kamery

Infračervené kamery používají speciální obrazový čip FPA. Horní vrstva čipu je rozdělena do několika polí. Každé pole je formováno dvěma zlatými pláty a pokryto silikonem. V této horní vrstvě je pomocí laseru vytvořeno množství děr. Celá vrstva slouží jako filtr nepotřebné části elektromagnetického vlnění. Pod ní se již nachází buňky citlivé na infračervené záření. Technologie výroby FPA senzoru je značně složitá a náročná od čehož se odvíjí i vyšší cena IR kamer.



Obr. 6-3: FPA čip

Příkladem infračervených kamer používaných v automobilech je PathFind IR od firmy Sierra FLIR. K snímání využívá nechlazený FPA o rozlišení 324 x 256 bodů. Kamera monitoruje oblast v zorném úhlu 27° s dosahem do vzdálenosti 880 m a s objektivem o průměru 19 mm. Hlavní rozměry činí 57 x 56 x 71 mm a hmotnost je 360g.



Obr. 6-4: Kamera PathFind IR a její umístění v mřížce pod značkou automobilu

6.3 Nasazení Night Vision

Pro nasazení nočního vidění přispívá i statistika: Přes noc a za šera najedou řidiči jen pětinu z celkově najetých kilometrů, stane se však téměř 50% všech těžkých dopravních nehod.

- Active
 - o 2009 Lexus LS (přístrojová deska)
 - o 2009 Mercedes E-class (displej navigace)
 - o 2008 Toyota Crown Hybrid (přístrojová deska)
 - o 2006 Mercedes CL-class (přístrojová deska)
 - o 2005 Mercedes S-class (přístrojová deska)
 - o 2002-2007 Lexus LX 470 (čelní sklo)
 - o 2002 Toyota Landcruiser Cignus (čelní sklo)
- Passive
 - o 2010 Audi A8, Audi A7 (přístrojová deska)
 - o 2005 BMW 5-series (displej navigace)
 - o 2005 BMW 7-series (displej navigace)
 - o 2004 Honda Legend (čelní sklo)
 - o 2000-2004 Cadillac (čelní sklo)

7. Pedestrian Protection

K ochraně chodců je vyvíjeno mnoho prvku pasivní a aktivní bezpečnosti. Mezi prvky pasivní bezpečnosti například patří vnější airbagy, aktivní kapota vytvářející deformační zónu a celkový design kapoty včetně světlometů a nárazníků.

Snahou je však předcházet srážkám s chodci. Chodce je tak nutno včas detekovat a upozornit řidiče na jeho výskyt v jízdní dráze automobilu. K detekci slouží například radar, video kamera nebo infrakamera. Z pořízených dat je nutné chodce správně určit, což představuje velice složitý úkol. Nejdále v rozpoznávání chodců a jiných účastníků dopravního provozu je Volvo a jeho systém City Safety. Tento systém rozpoznává chodce od výšky 80 cm. Každý rozpoznáný chodec je sledován i mimo vozovku a u každého je počítána pravděpodobnost vstupu do jízdní dráhy vozidla. V kritické situaci je upozorněn řidič zvukovým signálem a blikajícím světlem na čelním skle. Nezareaguje-li řidič v čas, systém samočinně zastaví vozidlo před chodcem.

8. Závěr

Trend v automobilovém průmyslu jednoznačně ukazuje stoupající důležitost elektroniky ve vozidlech. Její podíl na celkové ceně vozu stále roste. S tím souvisí i objem a složitost řídicího softwaru.

Je snaha docílit větší spolupráci mezi systémy aktivní a pasivní bezpečnosti což přispívá k vyšší účinnosti prvků pasivní bezpečnosti. Velký důraz je kladen na prvky aktivní bezpečnosti, díky nim je možné předcházet nehodám. Množství zajímavých asistenčních systémů pomalu přechází z luxusní třídy automobilů i do střední třídy. Ve vývoji je i nový systém V2V (Vehicle-to-Vehicle), který pomocí radiových vln vysílá informace o poloze, rychlosti automobilu a přijímá data od ostatních účastníků dopravního provozu a infrastruktury. Vše má jediný cíl a to zvýšit bezpečnost silničního provozu.

9. Použitá literatura

- [1] JURGEN Ronald K.: Adaptive cruise control. USA, SAE International 2006
- [2] JURGEN Ronald K.: Object detection, collision warning and avoidance system. USA, SAE International 2007
- [3] Robert Bosch GmbH.: ACC Adaptive Cruise Control, ISBN: 0-8376-1046
- [4] BARTÁK, P.: Senzory a navigační systémy pro mobilní roboty. Plzeň 2007.
- [5] LITWILLER, D.: CCD vs. CMOS: Maturing Technologies, Maturing Markets. Photonics Spektra. Laurin Publishing Co. Inc, 2005.
- [6] ALEX FOESSEL-BUNTING: Radar Sensor Model for Three-Dimensional Map Building, Carnegie Mellon University
- [7] ALEX FOESSEL, DIMI APOSTOLOPOULOS, WILLIAM WHITTAKER: Radar sensor for an autonomous antarctic explorer, Carnegie Mellon University
- [8] JURGEN Ronald K. (2007). *Object Detection, Collision Warning and Avoidance Systems*, ISBN-13 978-0-07680-1810-3, SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale
- [9] BISHOP R. (2005). *Intelligent Vehicle Technology and Trends*, ISBN 1-58053- 911-4, ARTECH HOUSE, INC. 2005, Norwood, USA
- [10] SHNEIER M. (2005). *Road Sign Detection and Recognition*, IEEE Computer Society International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2005, National Institute
- [11] SUN Z.; Bebis G.; Miller R. (2002). *On-Road Vehicle Detection Using Optical Sensors*, IEEE International Workshop on Application of Computer Vision, Dec. 2002, University of Nevada, Reno, USA
- [12] www.mathworks.com
- [13] <http://www.odbornecasopisy.cz/>
- [14] <http://www.zavolantem.cz/>
- [15] <http://www.mmspektrum.com/>
- [16] <http://www.cz.motofocus.eu>
- [17] <http://www.autembezpecne.cz>
- [18] <http://www.daftrucksneva.cz/>
- [19] <http://auto.honda.cz>
- [20] <http://www.volvocars.com>
- [21] <http://www.man-mn.com>

- [22] <http://cs.wikipedia.org/>
- [23] <http://en.wikipedia.org/>
- [24] <http://www.autodoplnkyfro.cz/>
- [25] <http://www.volkswagen.de>
- [26] <http://www.flir.com/>
- [27] <http://www.fotografovani.cz/>
- [28] <http://www.carpages.co.uk/>
- [29] <http://fourtitude.rely.net/>
- [30] <http://www.volkswagen.cz/>
- [31] <http://www.tipcars.com/>
- [32] www.bosch.co.nz
- [33] www.bosch.cz
- [34] <http://auto.idnes.cz/>
- [35] <http://evworld.com/guides/>
- [36] www.mitsubishi-fuso.com/
- [37] www.bmw.com/
- [38] www.mercedes-benz.com/
- [39] www.toyota.com/
- [40] <http://www.auto.cz/>
- [41] <http://news.auto.cz/>
- [42] <http://www.hybrid.cz>
- [43] www.bentleypublishers.com
- [44] <http://www.auto-car.ic.cz/>
- [45] www.conti-online.com
- [46] www.opel.com