

Senzory ve vozidle

Měření a zpracování dat (MDS)

Ondřej Příbyl

Ústav aplikované matematiky
ČVUT v Praze, Fakulta dopravní

5. přednáška



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 1

Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Kde se snímače používají
- Základní snímače
- Ostatní snímače

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

2

Základní definice

Senzory ve vozidle:

- **zabezpečují bezproblémový chod všech systémů vozidla**
 - zajišťující bezpečnost jízdy tak i
 - podpůrné systémy pro komfort řidiče či
 - zabezpečení kvality jízdy

Historie automobilových senzorů

Původní použití : Diskrétní přístroje používané pro

- měření tlaku oleje,
- množství paliva,
- teplotu chladicí kapaliny

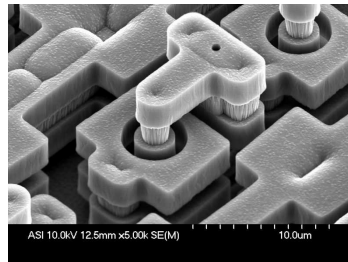
Postupný vývoj:

- ~1970: vládní (USA) nařízení regulující emise = **řídící moduly motoru**
- Požadavek na senzory:
 - absolutní tlak v palivové soustavě,
 - teplota vzduchu a výfukových plynů,
 - poměr vzduch-palivo
- Rostoucí potřeba řízení = více senzorů = **miniaturizace**

Historie automobilových senzorů

Miniaturizace:

- ~1980: **MEMS** (mikro-obráběné a mikro-elektro-mechanické systémy)
 - Sensory tlaku (~1981)
 - Akcelerometry pro airbagy (~1990)
 - Víceosé akcelerometry



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 5

Osnova

- Základní definice
- Historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
 - Aplikace senzorů ve vozidle
 - Jaké senzory na jaké aplikace
 - Základní a ostatní snímače
- Základní snímače
- Ostatní snímače

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

6

Aplikace senzorů ve vozidle

Tři hlavní část vozidla:

- Hnací ústrojí
 - Podvozek
 - „Tělo“
- Hlavní „oblasti“ použití senzorů v těchto částech vozidla

Viz. Fleming, Overview of Automotive Sensors, 2001

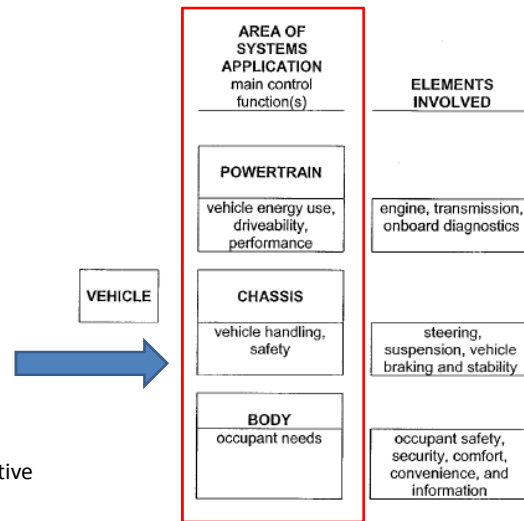


Fig. 1. Major areas of systems application for automotive sensors.

Ondřej Příbyl

K611MDS

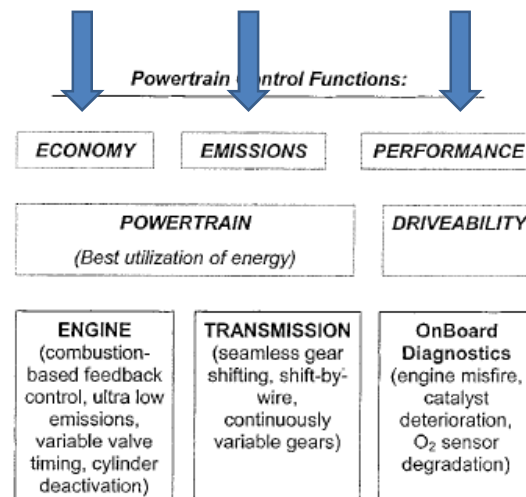
5. přednáška

strana 7

Aplikace senzorů ve vozidle

Hnací ústrojí:

- Motor
- Převodovka
- diagnostika.



Ondřej Příbyl

K611MDS

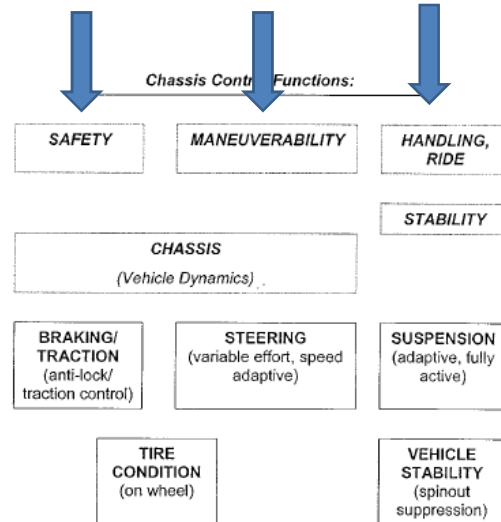
5. přednáška

strana 8

Aplikace senzorů ve vozidle

Podvozek:

- Rám,
- Řízení
- Brzdy
- Tlumiče



Ondřej Příbyl

K611MDS

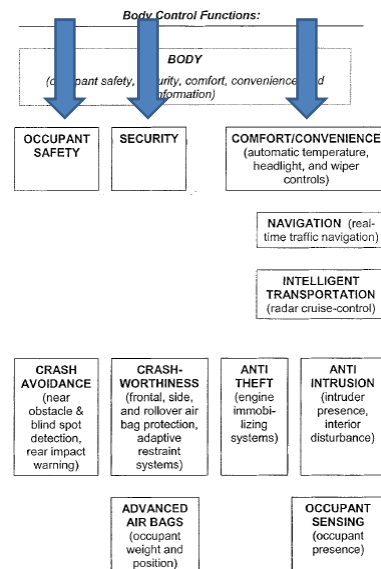
5. přednáška

strana 9

Aplikace senzorů ve vozidle

„Tělo“:

- Zahrnuje většinou nadstavbové aplikace



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 10

Osnova

- Základní definice
- Historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
 - Aplikace senzorů ve vozidle
 - Jaké senzory na jaké aplikace
 - Základní a ostatní snímače
- Základní snímače
- Ostatní snímače
- Komunikační rozhraní senzorů

Senzory podle místa použití

- Senzory v aplikacích pohonného ústrojí

		PF
ENGINE DIAGNOSTIC		
Engine Misfire	Crank Angle Running Statistics Combustion-Gas Ion Current	
Exhaust/Catalyst	Temperature Catalytic Activity	
Engine Oil	Pressure Level Quality (or contamination): Predictive ac-Dielectric Constant Cyclic Voltammogram Thermal Conductivity	
Coolant System	Temperature Level	
Fuel Tank/System	Level Evaporative Leak Pressure Flexible Fuel Composition	
TRANSMISSION		
Automatic, and/or Continuously Variable	Gearshift Position Input/Output Shaft Speeds Temperature Pressure Torque	
FUNCTION		POWERTRAIN SENSOR
ENGINE CONTROL		
Cylinder		Pressure Combustion-Gas Ion Current
Manifold		Pressure Temperature
Turbo Boost		Pressure
Engine Knock		Vibration Combustion-Gas Ion Current
Air Intake		Mass Flow & flow reversal Volume Flow Rate
Engine Torque		Magnetostrictive Cylinder-Firing-Induced Crankshaft Speed Modulation
Air-Fuel Ratio		Oxygen Exhaust Gas: Unheated Stoichiometric Heated, Fast Light-Off Heated, Wide Range Combustion-Gas Ion Current
Exhaust NOx Conc.		Dual-Chamber Oxygen Gas
EGR		Pressure Valve Position
Crankshaft		Rotational Motion
Camshaft		Rotational Motion
Throttle, Pedal		Rotary Position
Fuel Injection		Pressure

Senzory podle místa použití

- Senzory v aplikacích šasi, (rámu vozidla)

FUNCTION	CHASSIS SENSOR
BRAKING	
Brake System	Pressure Fluid Level
ABS Antilock Braking	Wheel Speed Pressure Lateral Acceleration
Brake-By-Wire	Pedal Force/Depression Angle

STEERING

Electric Power Steering/Steer-By-Wire	Steering Wheel Angle Steering Wheel Torque
4-Wheel Steer	Rear Wheel Steering Angle Steering Wheel Angle

VEHICLE

Vehicle Stability	Wheel Speed Lateral Acceleration Yaw Angular Rate Steering Wheel Angle
Active Suspension	Strut Displacement Chassis Height Body Acceleration: Vertical Lateral Longitudinal Yaw Angular Rate Roll Angular Rate Strut Hydraulic Pressure Steering Wheel Angle
Tire Pressure	Wheel-to-Wheel Variance of Rolling Speed On-Wheel Sensor, Wireless
Tire Temperature	On-Wheel Sensor, Wireless

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 13

Senzory podle místa použití

- Senzory v aplikacích vozidla (tělo)

NAVIGATION	
Absolute Position	Global Positioning
Autonomous Navigation	Wheel Motion (to zero-speed) Vehicle Yaw Rate (high resolution)
COMFORT AND CONVENIENCE	
Convenience	Auto Dimming Mirror Twilight Nighttime Headlight Beams Seat Pressure/Force Array
Climate	Temperature Solar Radiation Humidity Ambient CO, NO _x , CH ₄ conc. Rain/fog/moisture
A/C Compressor Control	Pressure Temperature
SECURITY	
Anti Vehicle Theft	Vehicle Tilt
Anti Intrusion	Vibration Ultrasonic Interior Motion Detect

FUNCTION	BODY SENSOR
SAFETY	
Air Bag Actuation	Crash Deceleration Vehicle Rollover (Lateral Acceleration plus Roll Rate) Seat-Belt-Use Buckle Status Pressure (Side Impact)
Seat Belt Locking	Vehicle Deceleration Webbing Payout Velocity
Seat Occupancy	Seat Pan Bladder Pressure Seat Pan Load/Deflection
Occupant Presence/Pre-Crash Position	Passive Infrared Imaging Ultrasonic Imaging Machine Vision
Parking/Reversing Aid	Ultrasonic Array Wide-Beamwidth Radar
Blind Spot Surveillance	Wide-Beamwidth Radar Multi-Beam Infrared Laser Array
Lane Departure	Machine Vision
Night Vision	Passive Infrared Imaging Active near-IR Illumination
INTELLIGENT TRANSPORTATION	
Adaptive Cruise Control	Millimeter Wave Radar Infrared Laser Radar
Lateral Lane Guidance	Machine Vision Magnetometers
Behavioral	Driver Condition/Impairment

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 14

Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
 - Aplikace senzorů ve vozidle
 - Jaké senzory na jaké aplikace
 - Základní a ostatní snímače
- Základní snímače
- Ostatní snímače

Rozdělení snímačů

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Snímače polohy a otáček <ul style="list-style-type: none"> – Indukční – Wiegandův jev – Hallův jev – Magnetoresistory • Snímače tlaku a síly, <ul style="list-style-type: none"> – Piezorezistivní – Kapacitní <ul style="list-style-type: none"> • dotykové • zapouzdřené moduly | <ul style="list-style-type: none"> • Snímače natočení a délky <ul style="list-style-type: none"> – Potenciometry – Hallův jev – Magnetoresistory – Optické kodéry – Magnetorestriktory • Snímače teploty • Ostatní snímače
(viz. další strana) |
|---|--|

Rozdělení snímačů – ostatní snímače

- **Snímače průtoku vzduchu**
- **Snímače výfukových plynů**
 - Zahřívání výfukovými plyny
 - Zahřívání elektricky
 - Komorové
- **Senzory klepání motoru**
- **Senzory podélného zrychlení**
 - Piezorezistivní
 - Kapacitní
 - Rezonanční
- **Snímače natočení**
 - Vibrační
- **Senzory světla**
 - (přímé, odlesky, stmívání)
- **Senzory vlhkosti, deště**
- **Senzory paliva**
- **Senzory blízkých objektů**
- **Senzory vzdálených objektů**
 - Radary
 - Lidary
 - Pasivní IR
 - Videodetekce

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy,
 - Snímače tlaku a síly,
 - Snímače natočení a délky,
 - Snímače teploty
- Ostatní snímače

Snímače polohy a otáček

- Snímají polohu (svoji či měřeného objektu):
- Umístění dle aplikace
 - Na kolech, v převodovce, v motoru, na volantu, ...
- **Typy snímačů polohy a otáček**
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem

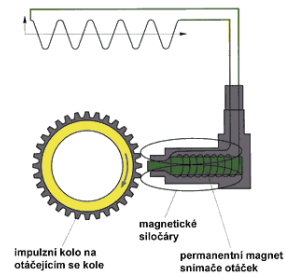
Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače (Koncový spínač, ...)

Indukční senzory (Proměnná reluktance)

Princip funkce

- Velikost indukce je závislá na otáčkách motoru, stejně jako když alternátor při vyšších otáčkách generuje vyšší napětí
- Výstup: napětí úměrné změnám magnetického toku senzoru způsobeného pohyblivými magnetickými částmi.



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 21

Indukční senzory (Proměnná reluktance)

- Senzor nepotřebuje napájení, na základě Faradayova zákona (o magnetické indukci) generuje sinusový průběh napětí.
 - vznik elektrického napětí v uzavřeném elektrickém obvodu, který je způsoben změnou magnetického indukčního toku
 - je označováno jako elektromagnetická indukce.
- Použití: např. jako senzor natočení klikové hřídele (crankshaft)

Nevýhody:

- Bez zesílení není generovaný signál nijak významný
- Proměnná síla signálu a fáze v závislosti na rychlosti rotace.
- Nízké otáčky negenerují dostatečně velké změny magnetického toku (udává se citlivost od 30-50 ot/minutu)

Výhody:

- Levné
- Malá velikost
- Vysoká odolnost

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

22

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače (Koncový spínač, ...)

Senzory magnetického pole - obecně

Obecný popis:

- Reagují na (detekují přítomnost) magnetické pole, uměle vytvořené na objektu upevněnými permanentními magnety.

Výhody

- Nepotřebují žádné napájení a
- Mohou být připojeny přímo na řídicí jednotku.
- Mohou být „v pouzdru“ - Magnetické pole proniká skrz většinu nemagnetických materiálů.

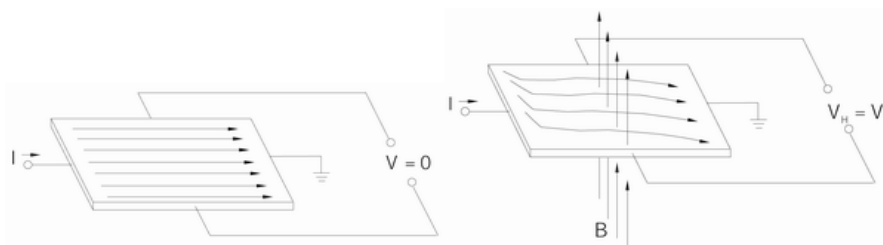
Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače (Koncový spínač, ...)

Senzory magnetického pole – Hallův efekt

Fyzikální princip: Hallův efekt

- Hallův efekt je výskyt dodatečného elektrického pole v desce z polovodiče, kterou protéká elektrický proud a která se zároveň nachází ve vnějším magnetickém poli.
- Vlivem vnějšího magnetického pole se elektrický náboj hromadí pouze na jedné straně desky a vzniká potenciálový rozdíl (takzvané Hallovo napětí V_H).

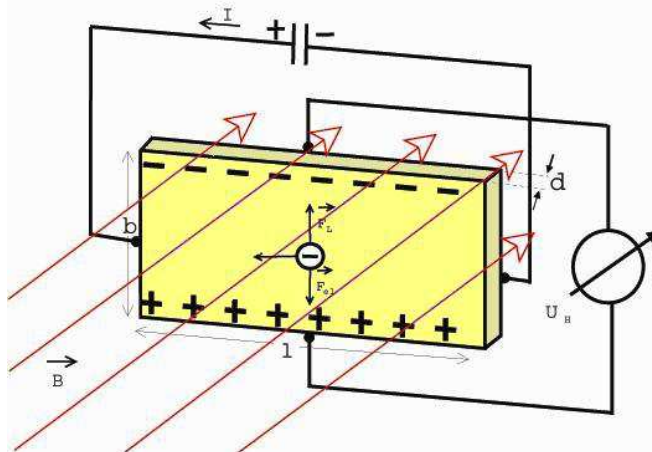


<http://automatizace.hw.cz/magneticke-senzory-s-hallovym-efektem-1-princip>

Senzory magnetického pole – Hallův efekt

Fyzikální princip: Hallův efekt

- dodatečné elektrické pole (Hallovo napětí)

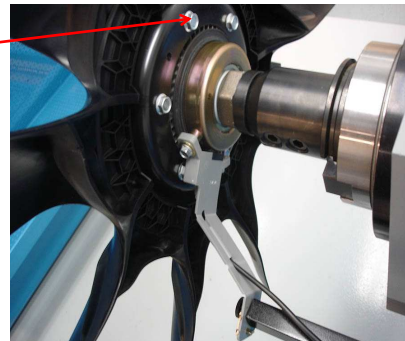
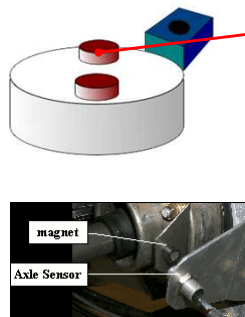


Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

strana 27

Senzory magnetického pole – Hallův efekt

- **Použití:** pro měření otáček.
- **Konstrukce:** Na výstupní hřídel je připevněn permanentní magnet. Na nepohyblivou část je připevněna Hallova sonda (tak aby jí při rotaci „protínalo“ magnetické pole permanentního magnetu. Ta je dále připojena do řídicí jednotky.

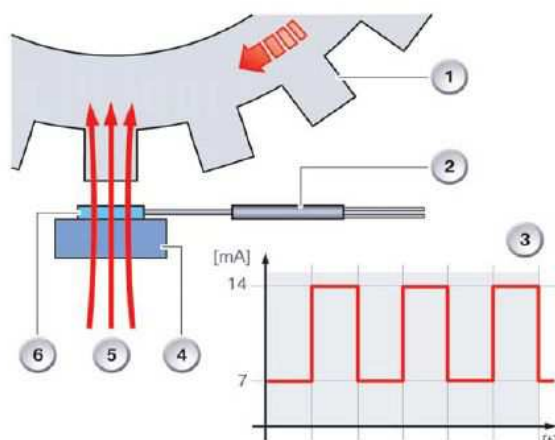


Zdroj: <http://flickr.com/photos/59268589@N00/227729006>

Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

28

Hallův efekt



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 29

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače (Koncový spínač, ...)

Ondřej Příbyl

K611MDS

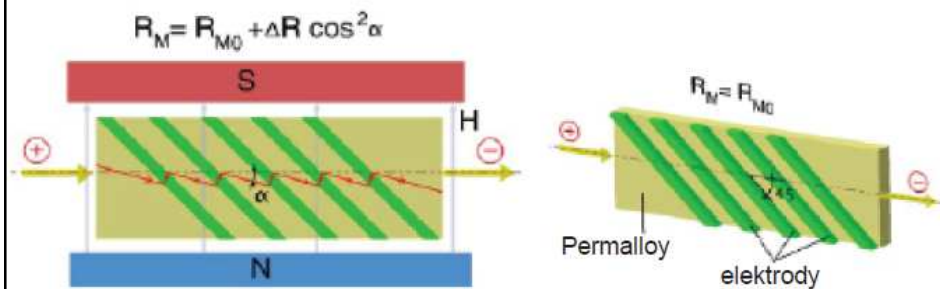
5. přednáška

30

Senzory mag. pole – Magnetorezistivní efekt

Fyzikální princip: Magnetorezistivní efekt

- **odpor** silně závisí na síle magnetického pole.
- tenké pásy z feromagnetického materiálu
- vlivem vnějšího magnetického pole H se **směr polovodičem tekoucího proudu I změní o úhel α**



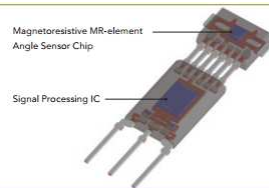
Ondřej Příbyl

K611MDS

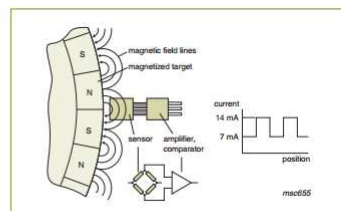
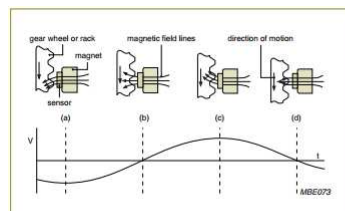
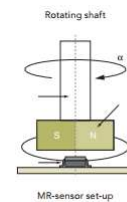
5. přednáška

strana 31

Magnetorezistivní senzory



- Senzor úhlu a natočení
 - MR sensors use magnetic fields to conduct measurement information between physical value and sensor.



A subsequent integrated circuit transforms the analogue into a digital output signal. The output level is independent of the sensing distance within the measurement range.

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 32

Senzory mag. pole – Magnetorezistivní efekt

Magnetorezistivní efekt je využíván při měření:

- Výšky, vozidla (na tlumičích),
- Úhlu, natočení kol (na zavěšení kol) pozice škrtkové klapky (na klapce),
- Rotace, na zjišťování rychlosti (umístěné na převodovce)

Výhody:

- velmi odolný vůči
 - vibracím, teplotám
 - a znečištění
- používá se tam kde ostatní senzory nestačí (jazýčkové)

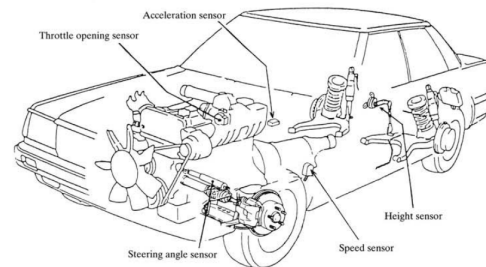


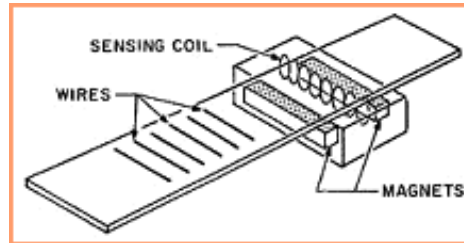
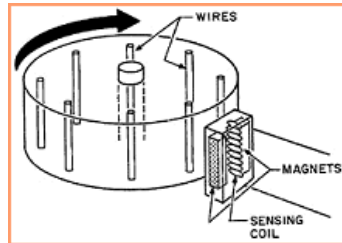
Figure 7. Installation of MR sensors

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallové senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače

Senzory mag. pole – Wiegandův efekt

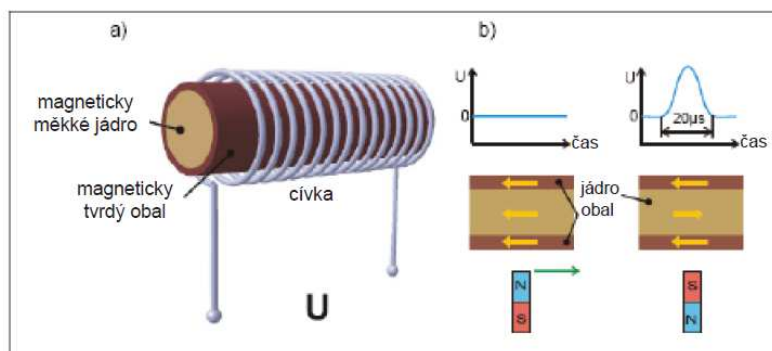
- **Wiegandův efekt** se používá hlavně v rotačních senzorech a i pro detekci podélného pohybu.
- výhodou je **ostře definovaný a silný puls** (výstup) nezávislý na rychlosti otáček.



Zdroj: <http://archives.sensorsmag.com/articles/0598/wie0598/index.htm>

Senzory mag. pole – Wiegandův efekt

Fyzikální princip: Wiegandův efekt



Obr. 5.5: Wiegandův efekt: a) „impulzní vodič“ s cívkou, b) elektrický impuls před a po změně směru vnějšího magnetického pole

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy a natočení / otáček
 - Indukční snímače
 - Magnetického pole
 - Hallovy senzory
 - Magnetorezistivní snímače
 - Wiegandovy snímače
 - Snímače s Reed kontaktem
 - tlaku a síly, ...
- Ostatní snímače

Senzory mag. pole – s Reed kontaktem

- **Reedův kontakt** je často používán místo mechanického kontaktu, nepotřebuje fyzický kontakt k sepnutí.

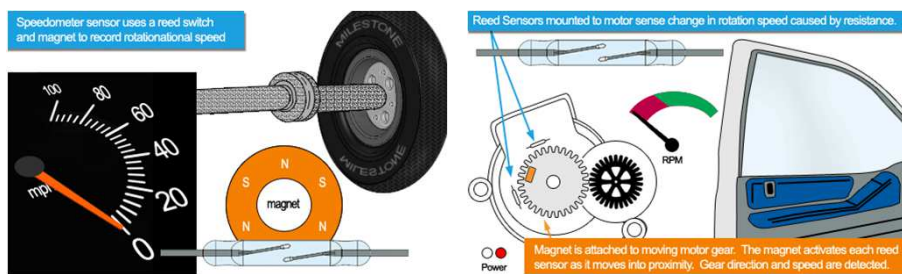
Aplikace:

- Všechny spínače jej mohou používat, např. pro indikaci zapomenutého klíče v zapalování či zapnutých světel při otevření dveří (senzor je na pákách dveří), hladina kapalin, atd.
- Dále jako rotační senzory např. v systému ABS.

Výhody / nevýhody

- nevyžaduje žádné napájení elektrickým proudem.
- Síla magnetického pole závisí na rozměrech a materiálových vlastnostech magnetu.

Senzory mag. pole – s Reed kontaktem



Zdroj

- http://www.reed-sensor.com/Applications/Automotive_applications.htm
- http://www.meder.com/us_speedometer.html

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 39

Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy,
 - **Snímače tlaku a síly,**
 - Snímače natočení a délky,
 - Snímače teploty
- Ostatní snímače

Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

40

Tlakové a silové snímače - použití

Použití obecně:

- Sensory kroutící síly
- Detekce přítomnosti pasažéra
- Sensory upnutí bezpečnostních pásů
- Sensory sešlápnutí brzdového pedálu
- **Tlakové senzory v pneumatikách** a v nádrži
- Sensory zjišťující váhu vozidla
- Tlakové senzory v motoru

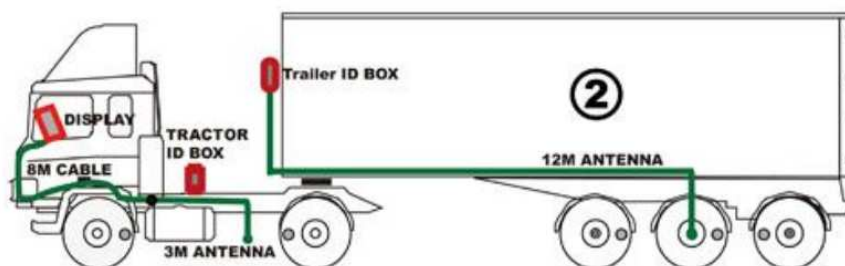
Senzory tlaku v pneumatikách

Přímé:

- měří externí tlak působícího okolního média vztažený k nulové hodnotě tlaku ve vnitřní komoře senzoru.
- Umístění ráfek, komunikace bezdrátově.

Nepřímé:

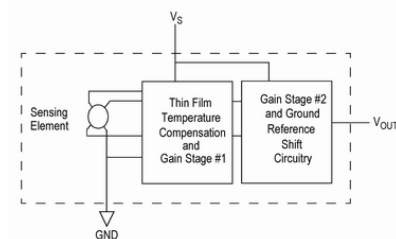
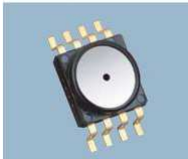
- Měří rychlost relativně k ostatním kolům.
- Podhuštěná pneumatika je menší a má větší úhlovou rychlost.
- Dále jsou měřeny vibrace pneumatiky, které závisí na jejím nahuštění.



Princip měření tlaku

- Celá mechanická struktura citlivé části senzoru je spolu s vyhodnocovacími obvody na jednom monolitickém integrovaném obvodu (MEMS).
- Princip měření tlaku, resp. převodu působícího tlaku na elektrickou veličinu, je často založen na jednom z následujících principů:
 - změnou kapacity kondenzátoru působením tlaku
 - změna odporu dráhy na níž působí tlak (tenzometry)
 - piezoelektrickém jevu, tzn. vzniku napětí s působícím tlakem

MPXV and MPXA Series-SOP Package



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 43

Integrované tlakové senzory – přímé měření

- obsahují nejen snímač, ale i další elektroniku (zesílení, filtrace, A/D převod atd.)
 - změnou kapacity kondenzátoru působením tlaku
 - piezoelektrickém jevu, tzn. vzniku napětí s působícím tlakem



Ondřej Příbyl

K611MDS

5. přednáška

strana 44

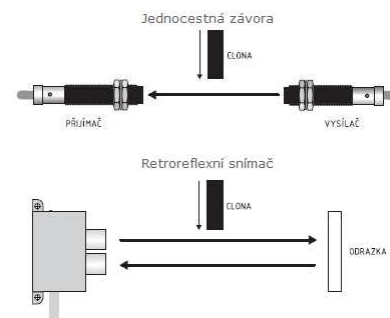
Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy,
 - Snímače tlaku a síly,
 - Snímače natočení a délky,
 - Snímače teploty
- Ostatní snímače

Snímače polohy a natočení / otáček

Optické kodéry

- **Zdroj světla**
 - LED diody (viditelná oblast spektra 0,4 – 0,8 μm),
 - KŘEMÍKOVÉ diody (infraoblast 1 – 2 μm),
 - LASEROVÉ diody (monochromatické světlo + koherentní záření),
 - LUMINISCENČNÍ PRVKY (Tekuté krystaly)
- **Cíl světla**
 - Fotoodpory (široké spektrum),
 - FOTODIODY,
 - FOTOTRANZISTORY (infra okolo 1 μm),
 - PIN DIODY,
 - SENSORY PSD (Position Sensitive photo Detektor)+
 - CCD (Charge Coupled Devices)



Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
 - Snímače polohy,
 - Snímače tlaku a síly,
 - Snímače natočení a délky,
 - Snímače teploty
- Ostatní snímače
 - Koncový spínač, ...

Senzor teploty a vlhkosti

Použití senzoru teploty a vlhkosti

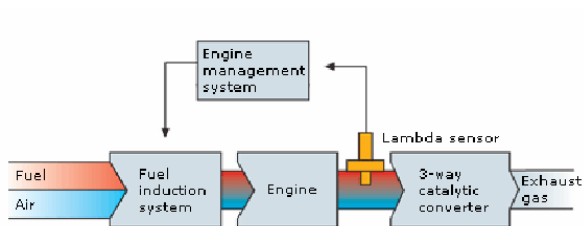
- Senzory určující teplotu povrchu vozovky
- Senzor měřící venkovní teplotu
- Senzor měřící vnitřní teplotu
- Pro ovládání klimatizace a řízení spalování
 - Z údajů senzorů vlhkosti a teploty vypočítá řídicí jednotka klimatizace teplotu rosného bodu vzduchu.
 - Pomocí infračerveného čidla se bezkontaktně zjistí teplota čelního skla. Aby nedocházelo ke srážení vodních par na skle, reguluje teplotu klimatizace

Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
 - Snímače výfukových plynů,
 - Snímače klepání motoru,
 - Snímače podélného zrychlení, snímače natočení,
 - Snímače vlhkosti,
 - Snímače blízkých a vzdálených objektů.

Lambda sonda

- **Princip:** Lambda sonda měří koncentraci kyslíku ve výfukovém potrubí a získaná hodnota napětí na jejím výstupu řídí poměr paliva a vzduchu v sání nebo ve válci tak, aby bylo co nejvíce dosaženo optimální směsi.
 - Nutný pro spalovací motor s 3cestným katalyzátorem
 - V automobilech běžně od 90.let,
 - Vyvinuto BOSCH (1976), První automobil – VOLVO 244 (1977)



Lambda sonda – princip měření

Definice:

- Lambda λ (Excess-air Factor) je poměr motorem nasávaného, a tedy spotřebovaného množství vzduchu M k množství potřebnému pro dokonalé spálení (M_t = teoretická spotřeba vzduchu)

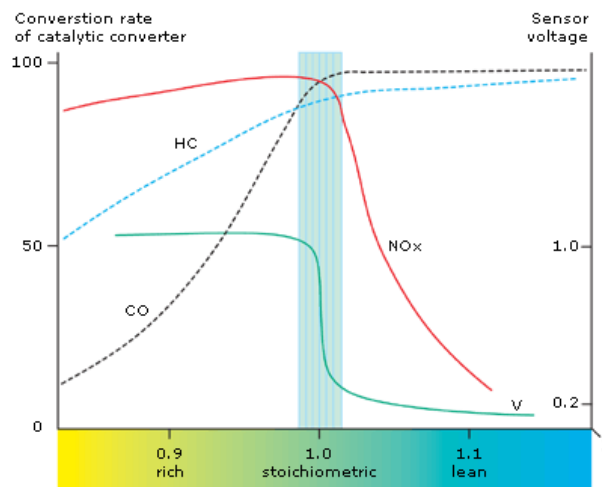
$$\lambda = M / M_t$$

Hodnoty Lambda:

- $\lambda = 1$: „akorát“ - dokonalé spálení
- $\lambda < 1$: bohatá směs - pokud se k nasávanému vzduchu přidá více paliva, tak se spálí pouze částečně.
- $\lambda > 1$: chudá směs - palivo se spálí beze zbytku a ve výfukových plynech zůstane kyslík.
- Pod 0,7 a nad 1,3 hranice chodu. Za těmito hranicemi je směs paliva se vzduchem tak bohatá, resp. tak chudá, že již není možný chod motoru.

Lambda sonda – co je to Lambda?

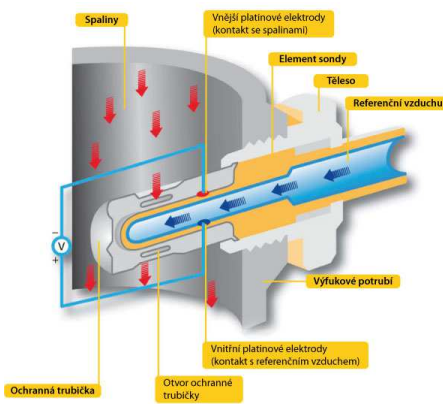
- Míra zpracování škodlivých látek (NOx, HC, CO) katalyzátorem



Lambda sonda - fyzikální princip

Napěťový fyzikální princip:

- **Princip:** vrstva keramiky při dané teplotě odděluje od sebe dvě plynné směsi s rozdílnou koncentrací kyslíku
- Galvanický článek
 - dojde k pohybu kyslíkových iontů uvnitř keramického materiálu
 - a tím ke vzniku el. napětí, které je úměrné rozdílu koncentrací kyslíku.



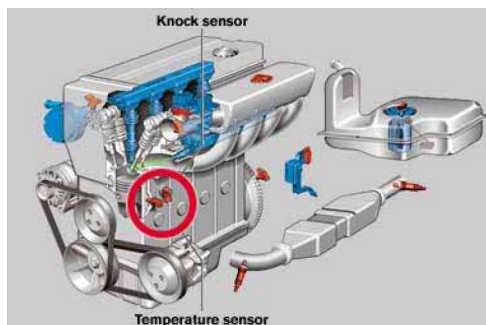
Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
 - Snímače výfukových plynů,
 - Snímače klepání motoru,
 - Snímače podélného zrychlení, snímače natočení,
 - Snímače vlhkosti,
 - Snímače blízkých a vzdálených objektů.

Snímače klepání motoru

Snímač klepání

- Klepání zážehových motorů ukazuje na nekontrolovaný průběh spalování.
- Tomu zabraňují senzory klepání, což jsou **akustická čidla** umístěná v konstrukci motoru.
- Pokud senzor zaregistruje klepání motoru změní se:
 - okamžik zážehu nebo vstřikování paliva

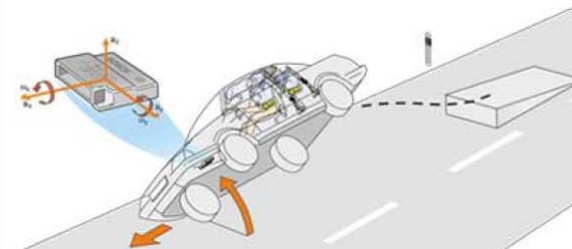


Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
 - Snímače výfukových plynů,
 - Snímače klepání motoru,
 - Snímače podélného zrychlení, snímače natočení,
 - Snímače vlhkosti,
 - Snímače blízkých a vzdálených objektů.

Akcelerometr

- senzory pro měření statického nebo dynamického zrychlení
- měření odstředivých a setrvačných sil, určování pozice tělesa, jeho naklonění nebo vibrací
- Senzory:
 - mechanické
 - mikro-elektro-mechanické
 - chemické
 - piezoelektrické



Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

57

Akcelerometr - mechanický

Domácí akcelerometr:

- Do válce vložíme dvě stejné pružinky, mezi nimiž umístíme ocelovou kuličku nebo váleček. Takto vytvořený akcelerometr připevníme na vozík ve směru jízdy.
- Při rozjíždění, jízdě a brzdění vozíku pozorujeme různé stlačení pružinek a určujeme tak poměrnou velikost a směr jeho zrychlení.
- Pro snadnější pozorování je vhodné válec naplnit vodou, která tlumí rychlé pohyby kuličky



$$F=ma$$

$$F=-ky$$

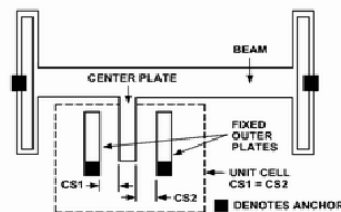
Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

58

Akcelerometr – mikro-elektro-mechanický

Mikro-elektro-mechanický (kapacitní) akcelerometr:

- Povrchová mikro-mechanická polykřemíková struktura „plovoucí“ na povrchu křemíkového monokrystalu
- Křemíkové pružiny umožňují pohyb celé mechanické struktury a zároveň poskytují mechanický odpor vzniklé síle

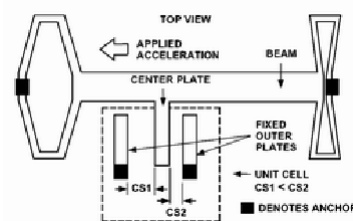


Struktura senzoru bez působení zrychlení

Akcelerometr – mikro elektro mechanický

Mikro-elektro-mechanický (kapacitní) akcelerometr:

- Prohnutí a deformace je převedena na změnu kapacity kondenzátoru (2 pevné desky)
- Pohyb prostřední desky způsobuje změnu dělicího poměru kondenzátoru
- Na výstupu se objeví signál o amplitudě úměrné hodnotě zrychlení a fázi která nese informaci o směru pohybu nosníku



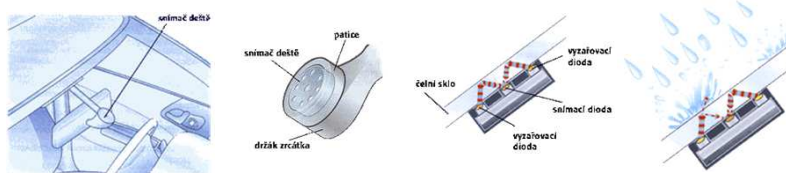
Struktura senzoru při působení zrychlení

Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
 - Snímače výfukových plynů,
 - Snímače klepání motoru,
 - Snímače podélného zrychlení, snímače natočení,
 - Snímače vlhkosti,
 - Snímače blízkých a vzdálených objektů.

Snímač deště

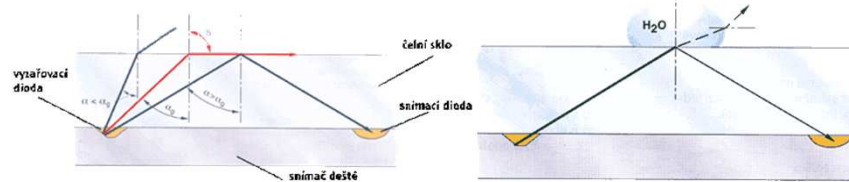
- Dešťový senzor je umístěn v patici vnitřního zpětného zrcátka.
- Vyzařovací diody jsou rozděleny na dvě skupiny po 4 diodách. Ty střídavě vysílají infračervené záření.



- Mají-li dopadající paprsky od obou skupin stejnou intenzitu, nevzniká na snímací diodě žádné signálové napětí.
- Na snímací diodu sice zase střídavě dopadají paprsky z obou skupin diod, ale již nemají stejnou intenzitu. Na snímací diodě vzniká signálové napětí.

Snímač deště

- Pro všechna vlnění, která dopadají pod úhlem $\alpha > \alpha_g$ je podmínka totální reflexe splněna a veškeré vlnění se odrazí zpět.



- U vlnění, které dopadá pod úhlem $\alpha < \alpha_g$ dochází k lomu.
- V důsledku dešťových kapek → Porušena podmínka totální reflexe, paprsek se lomí.

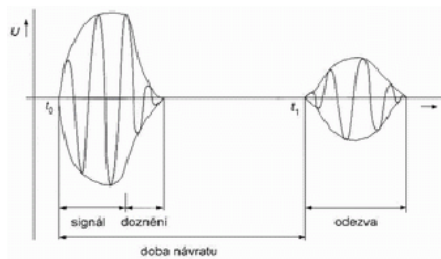
Osnova

- Základní definice a historie vývoje vozidlových senzorů
- Rozdělení a zatřídění vozidlových senzorů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
 - Snímače výfukových plynů,
 - Snímače klepání motoru,
 - Snímače podélného zrychlení, snímače natočení,
 - Snímače vlhkosti,
 - Snímače blízkých a vzdálených objektů.

Ultrazvukový senzor

Ultrazvukový senzor:

- Vyhodnocování vzdálenosti vozidla před překážkou
- pracují na principu měření času odezvy (echa)
- vyšle v časovém okamžiku několik impulsů
- část vlnění se odrazí, a dojde k návratu zpět do senzoru



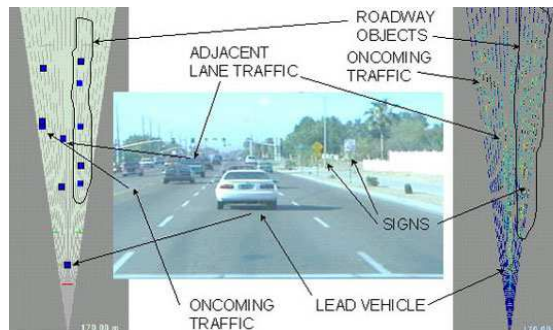
Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

65

Radar

Long-Range-Radar (LRR)

- radarové snímače pro větší vzdálenost
- pracovní frekvence 77 GHz a dosahem přibližně 120 metrů
- Velmi úzký kužel radarového signálu
hlídá prostor před vozidlem a zjišťuje vzdálenost od nejbližšího vozidla jedoucího vpředu.



Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

66

Radar

Short-Range-Radar (SRR)

- radarové snímače pro krátké vzdálenosti
- pracovní frekvence 24 GHz .
- Široký kužel radarového signálu



Osnova

- Základní definice
- Rozdělení snímačů
- Základní snímače
- Ostatní snímače
- Komunikační rozhraní senzorů

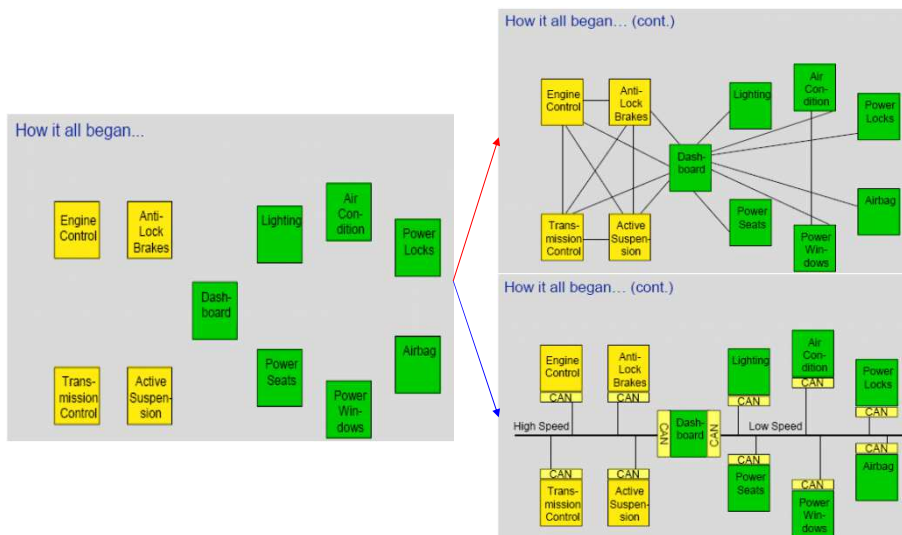
Komunikace mezi senzory

- Jednotlivé subsystémy ve vozidle spolu musí komunikovat,
 - senzory – řídicí jednotky subsystémů
 - řídicí jednotky subsystémů mezi sebou
 - rozhraní člověk stroj (HMI)
- Neexistuje jednotná (striktní) platforma pro komunikaci ve vozidle – kromě standardního řešení jsou obsaženy i proprietární řešení. → ve vozidle je asi 3-5 km drátů

Jako standardní komunikační rozhraní se používá:

- **CAN Controller Area Network**, A-BUS (Wolkswagen), VAN (Peugeot), SAE J1850 – použití v USA

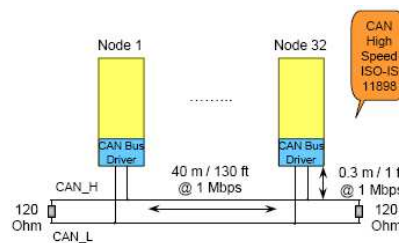
Komunikace mezi senzory



CAN – Standardizace ISO

Fyzická vrstva

- Sběrnice = „kus drátu“
- Komunikace probíhá v základním pásmu
- Jednotky připojené na sběrnici na ní zapisují data ve formě bitové zprávy - dominantní (0) a recesivní bit (1)
 - Recesivní bit = 2,5V
 - Dominantní bit = 3,5V (CAN_H) a 1,5V (CAN_L)

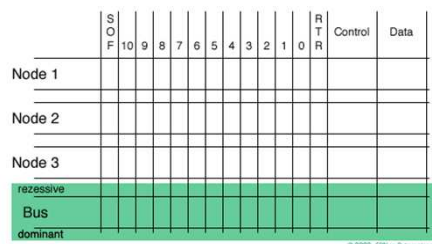


Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

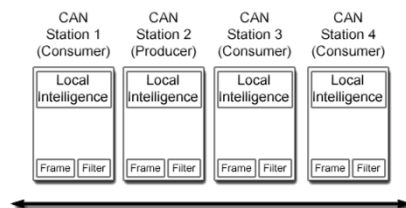
71

Rozhraní CAN - arbitráž

- Metody bitové arbitráže použité k identifikaci zpráv jsou schopny jedinečně analyzovat jakékoli problémy mezi stanicemi



Řízení komunikace po sběrnici CAN



Adresování zařízení po sběrnici CAN

Ondřej Příbyl K611MDS 5. přednáška

72

DĚKUJI ZA POZORNOST

Literatura

- TURNER, John. *Automotive sensors*. 1st ed. New York: Momentum Press, 2009. ISBN 978-160-6500-095. Dostupné z: <http://my.safaribooksonline.com/book/-/9781606500095>
- FLEMING, William J. Overview of Automotive Sensors. *IEEE sensors journal*. 2001, roč. 1, č. 4, s. 296-308. ISSN 1530-437x. Dostupné z: https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electronic_engineering/OverviewofAutomotiveSensors.pdf
-