

Elektronické systémy automobilov

Referát - Riadiaca jednotka airbagového systému

Trend neustáleho zvyšovania bezpečnosti automobilov znamená návrh nových bezpečnostných prvkov a vylepšovanie už používaných, overených systémov. Jeden zo základných bezpečnostných systémov automobilov je systém airbagov, ktorý sa začal inštalovať do áut vyšších tried už začiatkom 80. rokov 20. storočia.

Hlavnou úlohou airbagov je čo najrovnomernejšie spomaliť cestujúceho po náraze. Je požadované aby pasažier utrpel čo najmenšie zranenia, ideálne žiadne a to predovšetkým v oblasti hlavy a hrudníka. Na základe mnohých skúsenosti získaných z nárazových testov a praxe sa ukázalo, že systém airbagov je omnoho efektívnejšie používať spolu s kombináciou bezpečnostných pásov. V mnohých prípadoch došlo k zhoršeniu výsledkov, ak pasažier nebol pripútaný, ale systém airbagov bol aktívny.

Riadiaca jednotka

Hlavnou úlohou riadiacej jednotky je monitorovanie a vyhodnocovanie signálov zo senzorov za účelom aktivovania potrebných airbagov v prípade zrážky.

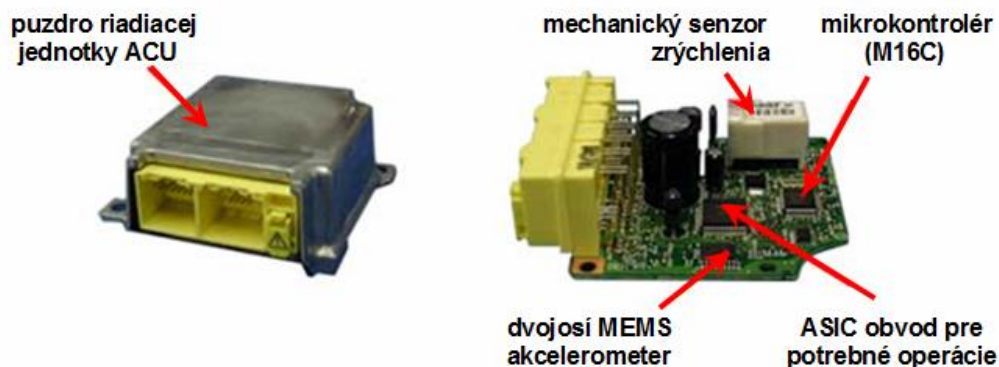
Ďalšie funkcie riadiacej jednotky sú napr.:

- Riadenie napínačov pásov
- Autodiagnostika celého obvodu
- Uchovávanie hlásenia porúch v pamäti
- Dodanie energie plynovým generátorom z kondenzátora v prípade zlyhania batérie
- Aktivácia kontroliek v prípade poruchy
- Spojenie s ďalšími riadiacimi jednotkami pomocou CAN zbernice

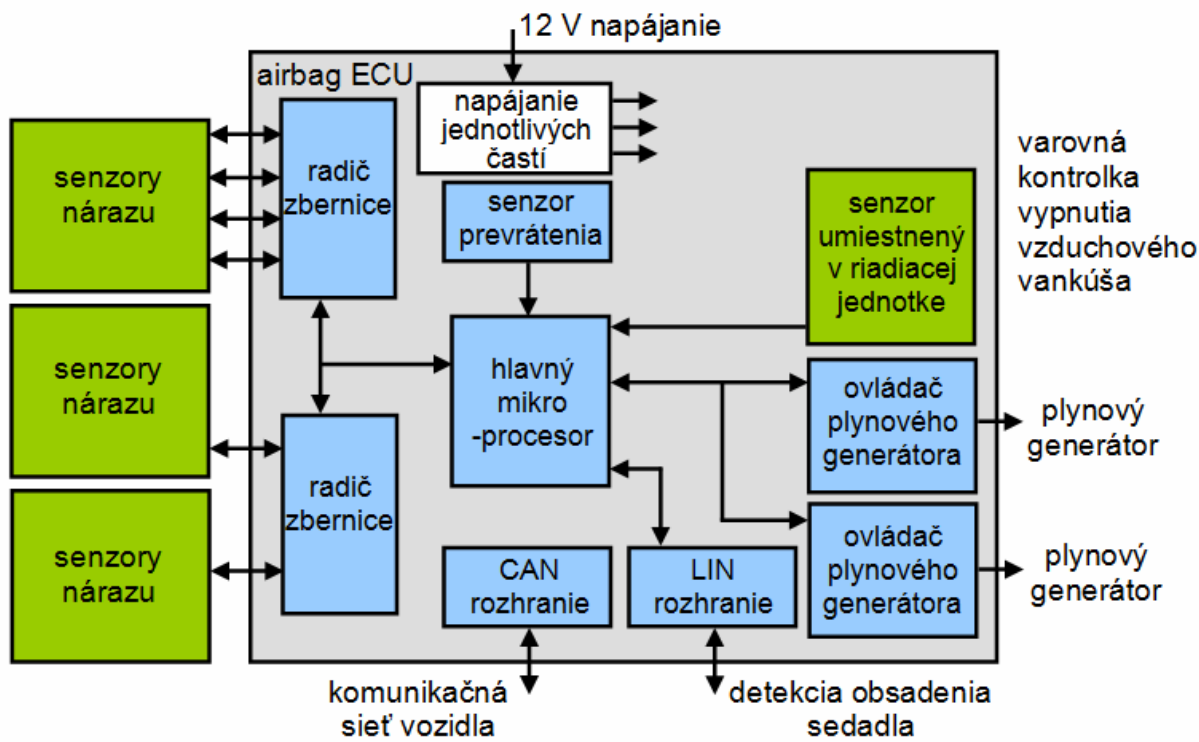
Najbežnejšie vyhodnocované senzory riadiacou jednotkou:

- Senzor nárazu
- Senzor zrýchlenia
- Senzor rýchlosti kolies
- Gyroskop
- Snímač brzdného tlaku
- Senzor obsadenia sedadla
- Snímač bočného tlaku

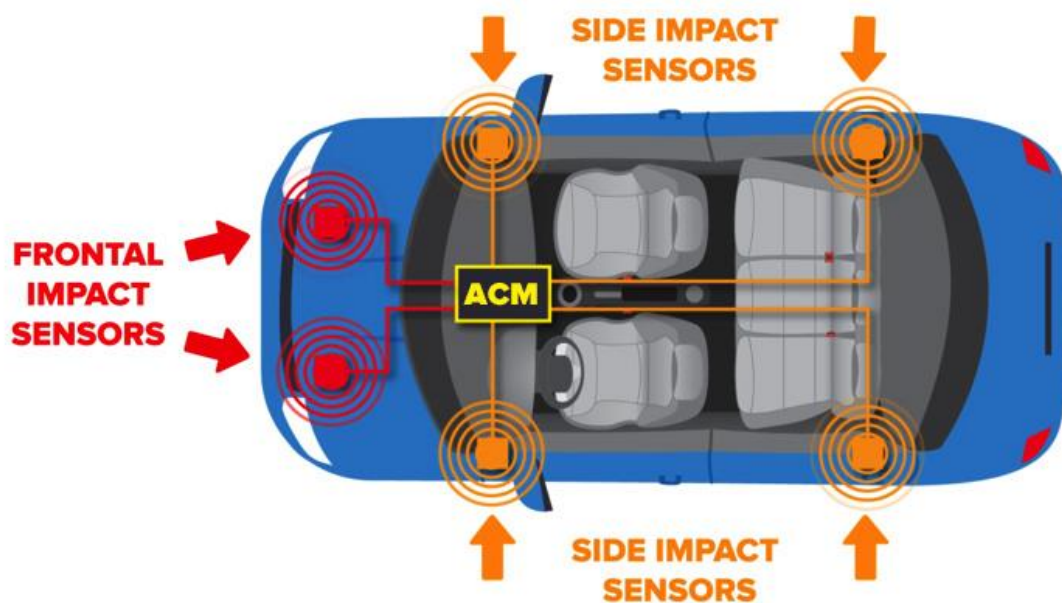
Z informácií získaných z vyššie uvedených senzorov riadiaca jednotka pomocou algoritmov vyhodnotí, či je potrebné aktivovanie plynového generátora na príslušnom obsadenom mieste.



Obr. 1 Riadiaca jednotka airbagového systému od spoločnosti Mitsubishi Electric



Obr. 2 Bloková schéma riadiacej jednotky airbagového systému

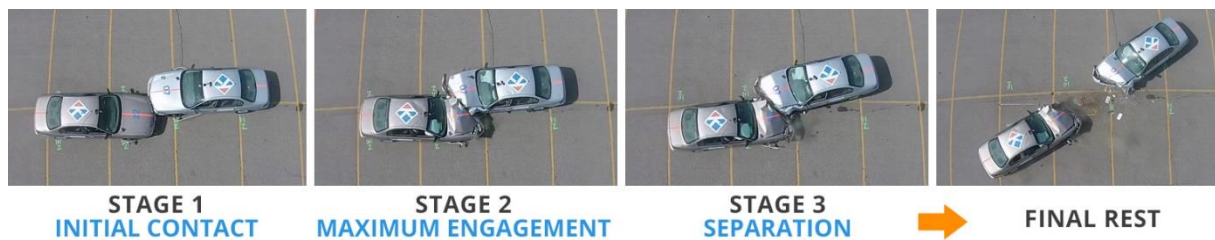


Obr. 3 Zjednodušená schéma umiestnenia riadiacej jednotky a senzorov zrážky vo vozidle

Vyhodnotenie potreby aktivovania airbagov

Rozhodnutie riadiacej jednotky či je potrebné aktivovať jednotlivý airbag je pomerne komplexná problematika. Z nárazových testov jednotlivých výrobcov pre danú riadiacu jednotku sa získajú dáta, ktoré sú uložené v riadiacej jednotke. Na základe týchto dát sa dajú typy zrážok rozdeliť do 4 základných skupín podľa závažnosti zrážky:

- **Závažnosť zrážky 0** – malá, nezávažná zrážka, nie je potrebné aktivovať airbagy
- **Závažnosť zrážky 1** – mierna zrážka, airbagy sa môžu ale nemusia aktivovať v prvej fáze zrážky
- **Závažnosť zrážky 2** – vážna zrážka, airbagy sa aktivujú v prvej fáze zrážky
- **Závažnosť zrážky 3** – veľmi vážna zrážka, airbagy sa aktivujú v prvej a druhej fáze zrážky



Obr. 4 Jednotlivé fázy zrážky

Na obr. 3 sú zobrazené jednotlivé fázy zrážky:

- Fáza 1 – Prvotný kontakt vozidiel
- Fáza 2 – Maximálna deformácia vozidiel
- Fáza 3 – Vozidlá sa začínajú od seba oddeľovať
- Fáza 4 – Konečná poloha vozidiel

Väčšina zrážok automobilov trvá v rozmedzí 70 až 150 ms. Rozhodnutie o aktivovaní airbagov musí byť vykonané pred fázou 2, kedy pasažieri budú pôsobením zotrvačnej sily ďalej pokračovať v pohybe smerom k oblasti nárazu. Aby sa predišlo k úrazu spôsobeným airbagom, v momente kontaktu pasažiera s airbagom, airbag už musí byť plne nafúknutý. Čas pre riadiacu jednotku na rozhodnutie potreby aktivovať airbagy je vo všeobecnosti pre čelné zrážky 15 až 50 ms.

Riadiaca jednotka sníma zrýchlenie zo zabudovaného akcelerometra, ktorý je prepojený so senzormi zrážky vozidla a vypočíta hodnotu ryvu (angl. *jerk*), časovú deriváciu zrýchlenia. Riadiaca jednotka s vysokou frekvenciou kontroluje hodnoty zrýchlenia a ryvu a kontroluje či sú konštantne dostatočne vysoké na aktivovanie airbagov. Miernou komplikáciou je, že maximálna hodnota zrýchlenia ryvu je tesne pred 2. fázou zrážky, ale airbag sa musí aktivovať omnoho skôr.

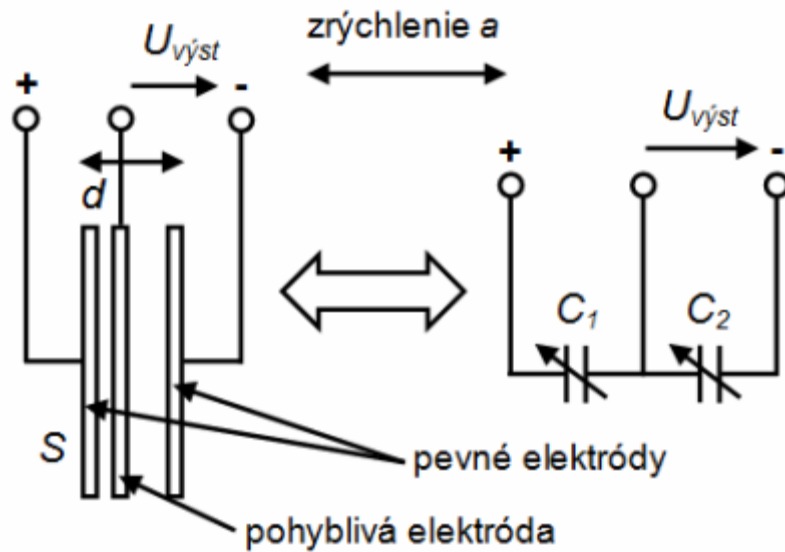
Akcelerometer

Akcelerometre snímajú silu pôsobiacu na zotrvačnú hmotu. Pre získanie hodnoty zrýchlenia sa porovnáva zmena polohy pružnej zotrvačnej hmoty oproti referenčnej hodnote.

Bežne používanými typmi akcelerometra je *kapacitný akcelerometer* a *piezoelektrický akcelerometer*.

Piezoelektrické akcelerometre obsahujú piezoelektrický element, ktorý je vplyvom zrýchlenia deformovaný a piezoelektrickým javom vzniká elektrický náboj, ktoré je úmerný pôsobiacej sile.

Kapacitné akcelerometre vyhodnocujú hodnotu zrýchlenia zmenou kapacity kondenzátorov spôsobenou pohybom pohyblivej elektródy. Výhoda kapacitných akcelerometrov je lepšia rozlíšiteľnosť.

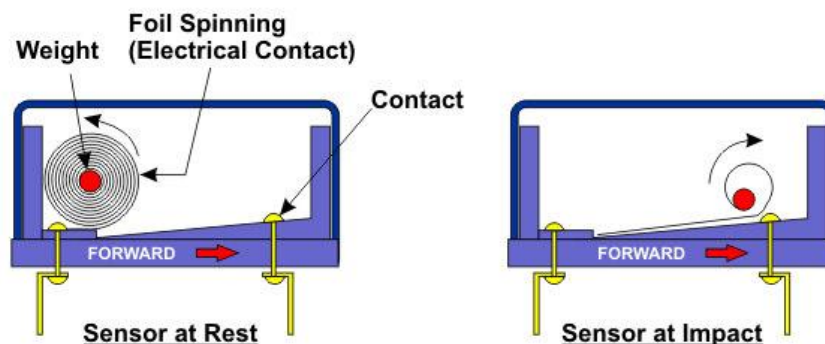


Obr. 5 Princíp funkcie kapacitného akcelerometra

Senzor nárazu

V závislosti od systému a počtu airbagov sa senzory inštalujú buď priamo na riadiacu jednotku alebo ako satelity na stranách a koncoch vozidla.

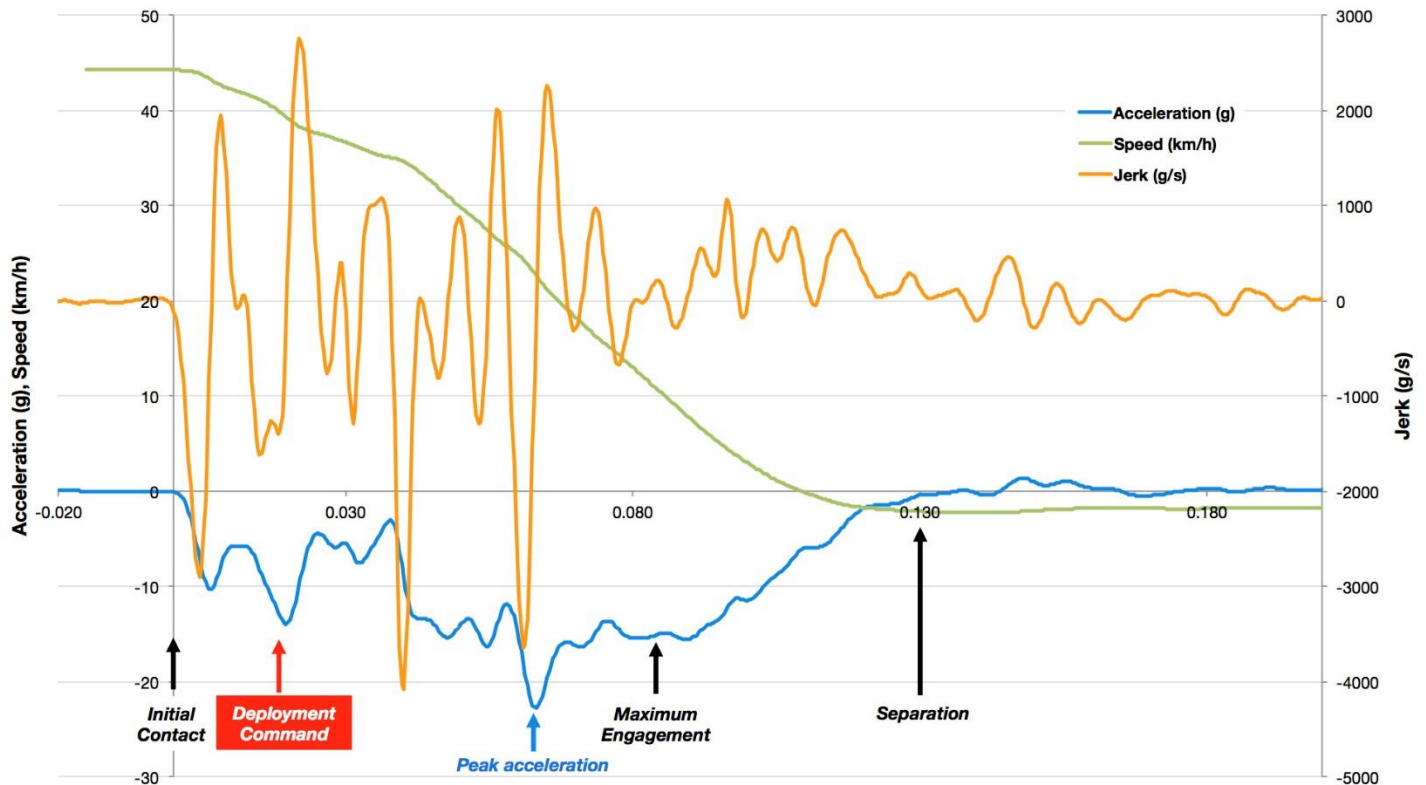
Predné senzory sú vždy inštalované v dvojiciach. Najbežnejšie používaný typ senzora je senzor s navinutou pružinou. Ak nastane náraz, navinutá pružina sa pôsobením zotrvačných síl rozvinie a spojí kontakty, vďaka čomu sa prenáša signál ktorý riadiaca jednotka môže vyhodnotiť ako zrážku, ktorá vyžaduje aktivovanie príslušných airbagov.



Obr. 6 Senzor nárazu s navinutou pružinou

Longitudinal Speed, Acceleration & Jerk

Offset Head-on Crash Test - Bullet Vehicle (2016 Crash Test #2)



Obr. 7 Vzorový priebeh rýchlosti, zrýchlenia a ryvu pri čelnej zrážke 2 automobilov

Zdroje:

1. <http://www.posterus.sk/?p=17854>
2. <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-accelerometer>
3. <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Car-electronics-and-electrics/Car-airbag-system-3083/>
4. <https://kodsengineering.com/airbag-deployment-decision/>
5. https://www.airbagreset.com/articles/about_airbag_modules.html

System Safe-by-Wire

SbW systém pracuje v konfigurácii master/slave. Súčasťou systému sú zariadenia na rozpoznanie poruchy a aktivovanie airbagov.

Architektúra zbernice SbW systému

SbW zbernica

Zbernica je diferenciálny pár vodičov, má 3 dátové a jednu napájaciu úroveň. Úroveň diferenciálneho napätia môže byť v rozmedzí 0 až 11V. SbW zbernica používa systém, podobný ako CAN zbernica, dominantného a recesívneho bitu. Napájanie je distribuované z mastera k slaveom pomocou SbW zbernice.

Master

Master kontroluje všetky procesy zbernice a kontaktuje slave zariadenia. Master nastaví rámec, ktorý zabezpečí to že slave zapíše dáta na príslušnú bitovú pozíciu. Toto výrazne zrýchli komunikáciu, pretože nie sú potrebné zložité prijímacie a odosielačie rámce.

Slave

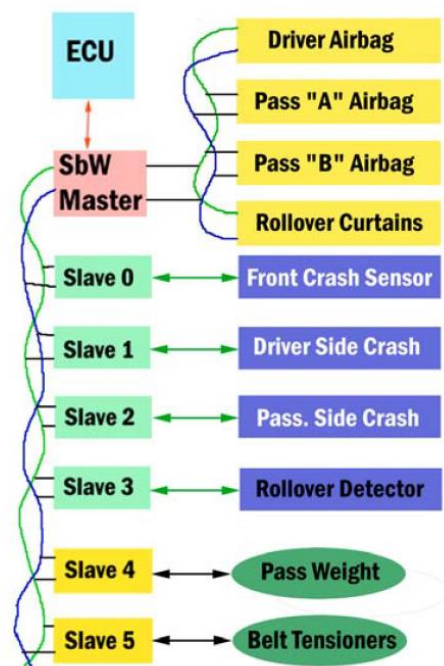
Slave zariadenia sú pripojené k aktivovateľným prvkom, napr. airbag a k vstupným senzorum, napr. senzor nárazu. Sú naprogramované s adresou v energeticky nezávislej pamäti, ktorú môže využiť master na komunikáciu so slaveom zariadením.

Senzory

Master získava údaje o zrážke zo senzorov. Používajú sa 2 typy senzorov: dynamické a statické. Dynamické senzory majú vysokú rýchlosť prenosu dát. Predné a bočné senzory nárazu sú dynamické. Statické senzory majú nízku rýchlosť prenosu dát. Informácie zo statických senzorov majú menšiu prioritu, napr. použitie bezpečnostného pásu alebo váha a pozícia pasažiera.

Aktivovateľné zariadenia

Obsahujú zápalnicu, ktorá je aktivovaná pomocou elektrického prúdu. Rozbuška zapáli chemickú substanciu (azid sodný), ktorý vytvorí plyn, ktorý urýchlene nafúkne airbag. Rozbuška je aktivovaná pomocou vybitia kondenzátora, ktorý bol nabitý pomocou SbW zbernice.



Obr. 8 Príklad SbW systému

Zbernicové signály

Na komunikáciu medzi masterom a slaveom sa používa úroveň napätia aj prúdu. Zbernica má recesívne a dominantné bity. Nižšie úrovne napätie sú dominantné. Zariadenia používajú systém recesívneho/dominantného bitu na detekciu kolízií na zbernici a na zápis dát do rámcov vytvorených masterom.

Úroveň "P" - distribúcia energie (11V)

Slave zariadenia získavajú energiu zo zbernice v cykloch s 50% plnením, ktoré sú vytvorené masterom. Úroveň signálu môže byť 11, 6, 3 alebo 0V v závislosti od úrovne údajov dominantného zariadenia na zbernici.

Je možné použiť napätie na zbernici vyššie ako 11V, ak chceme aktivovať špeciálne programovateľné pamäte v slave zariadeniach, ako napr. OTP alebo EEPROM.

L0: Úroveň údajov "0" (6V)

Úroveň "0" je reprezentovaná diferenciálnym napätím 6V. Táto úroveň je recesívna. Napätie môže byť "pulled-down" na úroveň "1", ale nemôže byť "pulled-up" na úroveň "P".

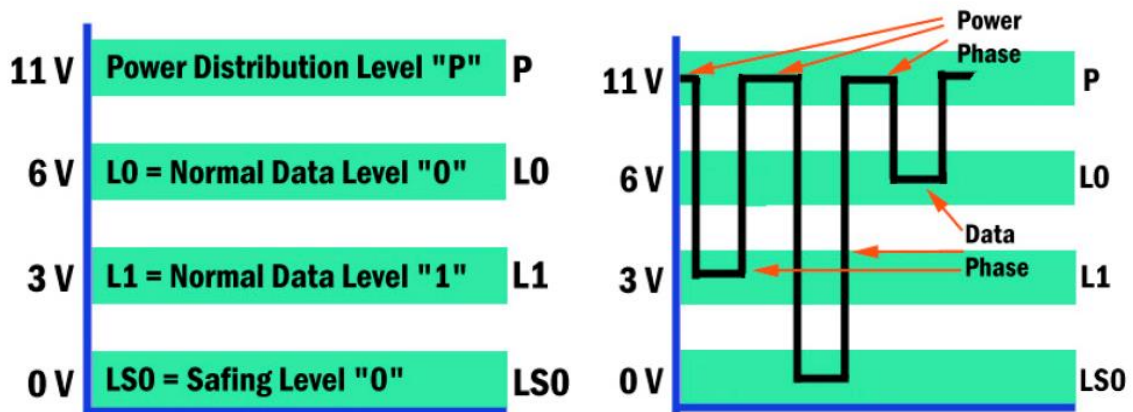
L1: Úroveň údajov "1" (3V)

Úroveň "1" je reprezentovaná diferenciálnym napätím 3V. Táto úroveň je dominantná.

LS0: Špeciálna úroveň údajov "0" (0V)

Táto úroveň je dominantná nad všetkými ostatnými úrovňami. Ak zariadenie potrebuje nastaviť túto úroveň, má prednosť pred všetkými ostatnými zariadeniami, aj pred masterom.

LS0 sa používa pre signály pre prerušenia a určité chybné stavy. Ak slave zaregistruje, že dáta neboli správne zapísané na zbernicu, úroveň poľa CRC zníži na úroveň LS0, čo indikuje masterovi že dáta sú neplatné.



Obr. 9 Úrovne zbernicových signálov

Obr. 10 Znárodnenie jednotlivých úrovní

Rámce správ

Správy sú posielané medzi masterom a slaveom cez zbernicu s preddefinovanými rámcami vytvorenými masterom. Používajú sa 2 druhy rámcov: D-rámce a S-rámce. D-rámce sa používajú na diagnostické dáta a správy na aktiváciu airbagov. S-rámce sa používajú na zber dát zo senzorov nárazu pri vysokých rýchlostiach.

Rámce môžu obsahovať hlavičku, slave adresu, master alebo slave dáta a CRC pole.

D-rámce

Využívajú Point-to-Point alebo Bitmap adresovanie. D-rámec je indikovaný T bit nastaveným na hodnotu 1.

Point-to-Point adresovanie sa používa na diagnostickú komunikáciu medzi masterom a slaveom. Toto adresovanie umožňuje vysielat príkazy slaveom.

Bitmap adresovanie umožňuje kontrolovať 1 alebo viacero aktivovateľných zariadení súčasne.

Obe metódy adresovania umožňujú posielat a prijímat dáta zo slave zariadení.

Master kontroluje dáta, ktoré odosiela kvôli kontrole integrity a nastavenia E bitu. E bit je nastavený na hodnotu 1 ak ide o chybu a na hodnotu 0 ak ide o dáta.

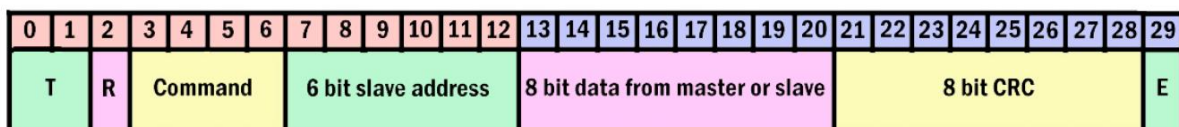
Slave odosiela dáta späť modulovaním zbernicového prúdu. Prúd je modulovaný kvôli kapacite zbernice, predovšetkým pre vysoké rýchlosti zbernice, pretože slave by nemusel byť schopný znížiť úroveň napätia ale master dokáže detekovať zmenu prúdu.

S-rámce

Používajú sa na získanie dát z rážky zo vstupných senzorov na najvyššej možnej rýchlosti. Master odosiela S-rámec v "data phase" obsahujúci L0 na pozíciách bitov, kde slave zapíše dáta.

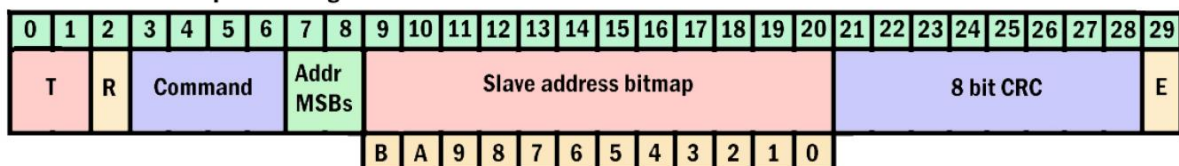
S-rámce majú variabilnú dĺžku v závislosti od počtu slaveov a dĺžky dát. Slave zariadenia sú naprogramované s adresou, ktorú použijú na rozhodnutie do ktorého slotu S-rámca zapíšu dáta. Toto takisto indikuje masterovi dĺžku dát zo senzorov, ktorá môže byť 4 až 8 bitov.

D-Frame with Point-to-Point Addressing



Obr. 11 D-rámec s Point-to-Point adresovaním

D-Frame: with bitmap addressing



Obr. 12 D-rámec s bitmap adresovaním

S-Frame Bit Position - Example: 4 bit data, 3 bit CRC - 3 input sensors

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T	R	S E L	slave 0 data				CRC			slave 1 data				CRC			slave 2 data				CRC			

Obr. 13 S-rámec s dátami dlhé 4 bity z 3 senzorov

Bitové polia rámcov

Začiatok rámcu a T bit

Začiatok rámcu je určený zdvojením "power phase" periódou na jeden cyklus a následným jedným dátovým bitom pri normálnej rýchlosti. Hodnota fázy prenosu dát je určená T bitom, ktorý určuje aký rámec je posielaný. Ak je T bit rovný L0 posiela sa S-rámec, ak L1 posiela sa D-rámec a ak LS0 ide o S-rámec, ktorý bol vyvolaný prerušením už existujúceho začiatku rámcu alebo bol začatý masterom počas D-rámcu.

Master môže začať nový rámec v akýkoľvek čas, aj keď väčšinou je to až po dokončení predchádzajúceho. Začiatok rámcu ukončí akýkoľvek rámec na zbernici a začne nový rámec.

R bit

R bit je rezervovaný pre možné budúce rozšírenia. Pre normálnu operáciu, R bit musí byť nastavený na 0. Ak je R nastavený na 1, slave bude ignorovať tento rámec.

SEL bit

Niektoré senzory sú schopné aktualizovať ich informácie dostatočne rýchlo aby dokázali odpovedať master S-rámcom na najvyššej rýchlosti. Niektoré senzory sú schopné aktualizovať ich informácie iba na polovičnej rýchlosti. To znamená, že každý vysoko rýchlostný senzor dokáže poskytnúť aktuálne dáta masterovi. Senzor pracujúci s polovičnou rýchlosťou pošle 2 sady dát, ktoré sú rovnaké pri vysokých rýchlostiach prenosu mastera. Takáto aktualizácia znamená, že slave získa dáta zo zariadenia ku ktorému je pripojené, napr. senzor zrážky. Tieto dáta musia byť následne odoslané v rámci, ktorý začína a definuje master.

Je možné uložiť všetky vysokorýchlostne senzory v rámci a umožniť sensorom s polovičnou rýchlosťou zdieľať sloty. V rámci prvého rámcu, všetky vysokorýchlostné senzory umiestnia svoje dáta na príslušné sloty. Polovica senzorov pracujúcich s polovičnou rýchlosťou zapíše svoje dáta na zbernici do slotov podľa ich vnútorneho adresného bitu a stavu SEL bitu nastaveného podľa mastera.

V nasledujúcom rámci rovnaké vysokorýchlostné senzory zapíšu aktualizované dáta ako predtým. Ostatné senzory s polovičnou rýchlosťou zapíšu svoje dáta ak master nastaví SEL bit opačnej hodnoty ako v predošlom rámci.

CRC pole

CRC pole zahrňuje všetky predchádzajúce bity rámcu. LS0 signál sa zapíše do CRC poľa na indikáciu neplatných dát a vytvorí sa chybová podmienka.

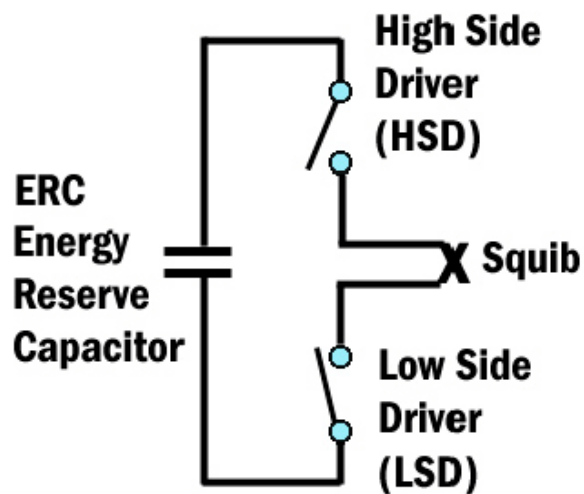
Formáty príkazov

Príkazy sa delia do 2 kategórii:

- Príkazy pre aktivovateľné zariadenia, napr. rozbuška airbagu
- Príkazy pre vstupné senzory

Aktivovateľné zariadenia

Rozbuška bude odpálená, keď sa do nej vybije ERC kondenzátor cez HSD a LSD spínače. Aby sa rozbuška odpálila oba spínače musia byť zopnuté a ERC kondenzátor nabitý, čo zaručuje ochranu proti nechcenému aktivovaniu. Nepoužívajú sa mechanické spínače (obr. 14), ale polovodičové spínače.



Obr. 14 Principiálna schéma rozbušky

Príkazy pre aktivovateľné zariadenia

Vyžívajú iba výhradne D-rámce. Takisto musí byť použitá úroveň LS0 namiesto L0, na zaručenie úspešnej aktivácie.

Príkazy môžu byť použité na aktiváciu rozbušky alebo jej otestovanie. Testovanie zahŕňa meranie elektrického odporu a zvodového prúdu.

Príkaz	Definícia príkazu
00	Bez aktivácie: LSD a HSD nezopnuté
01	Test LSD: HSD nezopnuté
02	Test HSD: LSD nezopnuté
03	Aktivácia: LSD aj HSD zopnuté

Príkazy pre senzory

Oba typy rámcov môžu byť použité na posielanie dát a príkazov slaveom a na navrátenie dát. Slave zariadenia posielajú dáta späť podľa ich vnútorného nastavenia.