

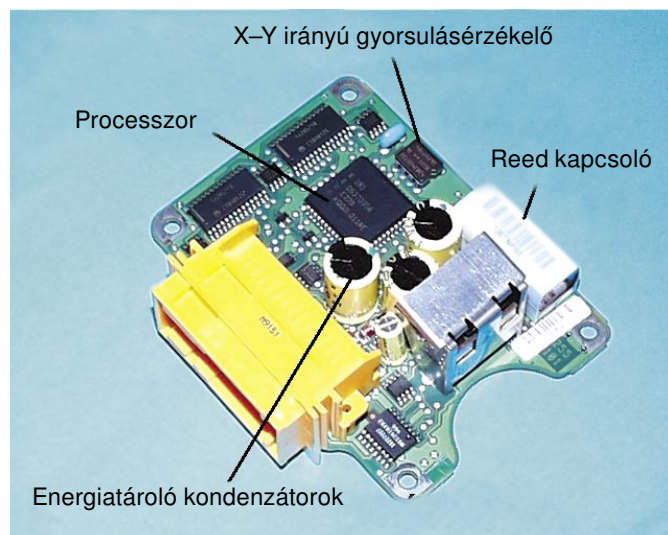
Néhány szó a légzsákvezérlő elektronikákról

Az Autótechnika eddigi számaiban számos cikk jelent meg a légzsákrendszerek egyes elemeiről. Azonban magáról a légzsáknyitást vezérlő elektronikák belső „lelkéről” eddig kevesebb szó esett.

Az alábbiakban a General Motors részére a DELPHI által gyártott elektronikák alapvető jellemzőit mutatjuk be, kifejezetten csak az elektronika egyes elemeire fókuszálva. Ezen légzsák- és övfeszítő-vezérlőket az Alfa Romeo, a Fiat és az Opel, valamint SAAB különböző típusaiba építették be.

Az elektronika SDM rövidítése az angol Sensing and Diagnostic Modul elnevezésből adódik. A vezérlők többféle hardverkiépítésben kerülnek a gépkocsikba, azaz típusonként eltérő a működtethető pirotechnikai csatornák száma. A csatornák száma lehet négy, hat, nyolc, tizenkettő vagy húsz. Ha tizenkét csatornás a rendszer, akkor az a vezető és mellette lévő utas oldalán elhelyezett kettős első légzsákot (légzsákonként kettő pirotechnikai töltettel), két-két darab oldal- és a függőnylégzsákot, illetve a 4 db övfeszítőt képes az elektronika működtetni.

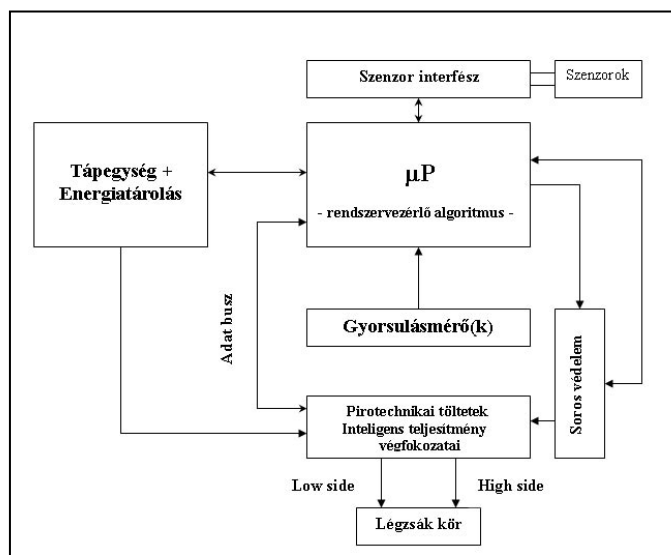
A légzsákvezérlő elektronika természetesen öndiagnosztikával, soros adatkommunikációs lehetőséggel és ütközés bekövetkezőkor adatrögzítési funkcióval is rendelkezik.



2. ábra: egy SDM belső felépítése

Az 1. ábrán látható egy SDM elektronika elvi felépítése, melynek főbb elemei a következők:

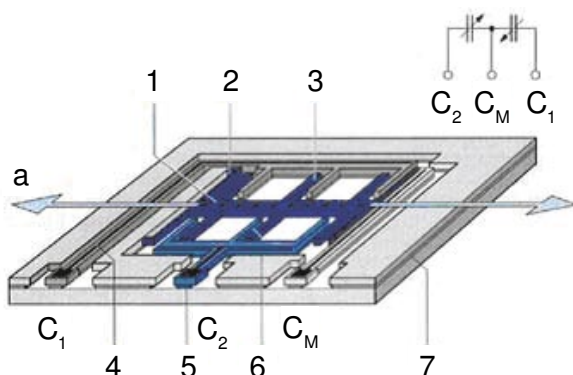
- tápegység és energiatároló egység,
- gyorsulásérzékelő,
- soros védelmi tag,
- mikroprocesszor,
- intelligens teljesítmény-végfokozatok,
- szenzor interfész.



1. ábra: az SDM főbb elemeinek blokkvázlata

Tápegység és energiatárolás

Az energiatárolás több részre osztható, azaz ez egy elágaztatott hálózat különálló kimenetekkel. Külön energiatárolás szükséges a processzornak, a légzsákgyújtási energiát adó intelligens teljesítmény-végfokozatoknak, külön az első és oldalfokozatoknak. Az SDM-elektronika összes funkciónak működnie kell 9–16 V közötti tápfeszültség esetén, továbbá 70 V-os túlfeszültséget 50 ms-ig is el kell tudni viselnie, illetve fordított bekötés esetén sem szabad meghibásodnia. Az elektronika rögzítettségét is figyeli az öndiagnosztika, mivel a ház testelését is vizsgálja. Amennyiben ütközéskor az elektronika tápfeszültség-ellátása megszakadna, ilyenkor az elektronikában kellő mennyiségű villamos energia van eltárolva, hogy legalább az első légzsákot minimum 150 ms idejű gyújtóimpulzussal képes legyen ellátni. Amennyiben az elektronika tápfeszültsége 9–16 V közötti, akkor az SDM összes funkciójának működnie kell. Ha üzem közben a tápfeszültség egy adott szint alá csökken, akkor a tápegység rész szoftveres megszakítási joggal is rendelkezik. Ilyenkor a tápegység rész ezt



3. ábra: a felületi mikromechanikai eljárással készült szenzor sematikus felépítése (forrás: Bosch)

1. Rugóztatottan felfüggesztett szeizmikus tömeg az elektródákkal
 2. Rugó
 3. Rögzített elektródák (C_1 kapacitás)
 4. Al-vezetőpálya
 5. Kivezetés (bondpad)
 6. Rögzített elektródák (C_2 kapacitás)
 7. Szilícium-oxid
- a: Mérési irány
 C_M : A mérendő kapacitás

jelzi a mikroprocesszor számára és ebben az esetben a mikroprocesszoron futó algoritmus letilt minden egyes légzsák- vagy övfeszítő-aktiválási funkciót, illetve ekkor a piros légzsák hibajelző lámpa is kigyullad a műszerfalon.

Az SDM energiaellátó egységének feladatai a következők:

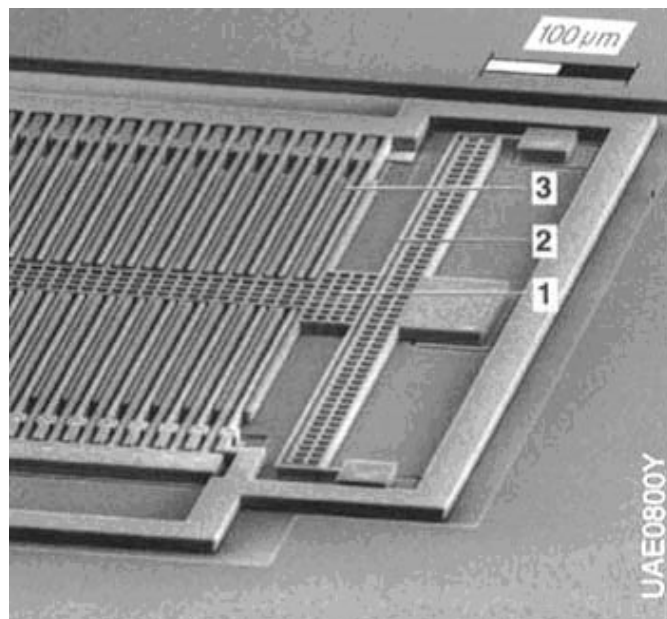
1. Tartalékolt energiával látja el az SDM gyújtó áramkörét az előírt működtetési feltételek mellett.
2. Védelmet nyújt az egyponthoz elektromos hibák ellen.
3. Védelmet nyújt a nem kívánt elektromágneses interferenciahatásoktól a vezérlő betáplálási oldalán, ugyanakkor elnyel bármely, a tápfeszültségre interpolált sugárzott tér által gerjesztett zavart.

Ütközés bekövetkezte után egy úgynevezett ütközési adatrögzítő file (crash data vagy deploy file) kerül beírásra az SDM elektronika memóriájába, mely szerviz körülmények között csak korlátozottan érhető el. Ezekre az adatokra légzsák vagy övfeszítő aktiválása után lehet szükség, amikor is az ütközés (vagy esetleges téves aktiválás) körülményeire kíváncsi a gyár, illetve a márkaszerviz.

Az áramköri panelen elhelyezett gyorsulásérzékelő

Magára az áramköri panelre egy felületszerelt alkatrészként van beforrasztva a X és Y irányba is mérni képes gyorsulásszenzor. Az SDM elektronikák úgynevezett felületi mikromechanikai eljárással készült, kapacitív elvű szenzorral szereltek. Ezt a szenzortípust főleg a nagyobb gyorsulás-, illetve lassulásértékek (50–100 g) mérésére használják az utasvédelmi rendszerekben, de a kialakításuk és működési elvük miatt alkalmasak egészen kicsi gyorsulások mérésére is. A szükséges rugó-tömeg rendszer egy külön eljárással a szilíciumszelvény felületén kerül kialakításra. Mivel a szeizmikus tömeg rugókra van felfüggesztve,

ezért egy egyenes vonalú, a mérési irányba történő gyorsulás megváltoztatja a távolságot a mozgó és az álló elektródák között, és ezáltal kapacitásváltozást okoz a C_1 és a C_2 kondenzátorokban. A nagyon kicsi (kb. 1 pF) kapacitás miatt a kiértékelő elektronikát a szenzorhoz a lehető legközelebb kell elhelyezni, ezért azt közvetlenül ugyanarra a szilíciumszelvényre integrálták (ún. „one chip design”). A mozgó elektróda mindkét oldalán rögzített, fésű formájú elektródákat helyeznek el a felületen. Az így felépített (mozgó és álló kapacitásokból kialakított) rendszer tulajdonképpen két differenciálkondenzátor sorba kapcsolásának felel meg. A C_1 és C_2 kondenzátorokat a kivezetéseiknél ellentétes fázisú váltakozó feszültséggel táplálják és ezek összegződését (szuperpozícióját) a kondenzátorok között, a C_M -mel jelölt „mérőkondenzátoron”, azaz tulajdonképpen a szeizmikus tömegen mérik (3. és 4. ábra). A kiértékelő elektronika öntesztáramkört is tartalmaz. Az önteszt során, egy külön erre a célra kialakított rendszer elektrosztatikus erő segítségével elmozdítja a mozgó elektródát, ezzel gyorsulást szimulál. Ezzel a módszerrel a rendszer el tudja dönteni a szenzorról, hogy az működőképes-e vagy nem. Az elektronikába beépített gyorsulásérzékelő az Analog Device ADXL250-es kereskedelmi forgalomban is kapható szenzorával rokon. 5 V-os tápfeszültség esetén a két kimeneti lábon is 2,5 V-os feszültség mérhető, mely X és Y irányú gyorsulásnak (lassulásnak) megfelelően változik. Minden g ($\sim 10\text{m/s}^2$) lassulás vagy gyorsulás esetén ez a feszültség $\pm 38\text{ mV}$ -tal változik. (Tehát nemcsak irány, hanem gyorsulási előjelfüggő is a szenzor). $\pm 50\text{ g}$ gyorsulást képes a szenzor mérni (5. ábra). Mivel a szenzor kimenő jelét a mikroprocesszor egy A/D átalakítón keresztül folyamatosan monitorozza, ezért például, ha a kimenő jel folyamatosan eltér a 2,5 V-os feszültség szinttől, akkor ezt az elektronika hibaként észleli. Az 50 g gyorsulás érzékelteséhez álljon itt egy egy-



4. ábra: a szenzor kialakítása (elektronmikroszkópos felvétel, forrás: Bosch)

1. Rugóztatottan felfüggesztett szeizmikus tömeg az elektródákkal
2. Rugó
3. Rögzített elektródák

szzerű számpélda. Ha egy gépjármű 50 km/h-val (13,88 m/s) ütközik egy falnak és 1,5 m deformációval számolunk, akkor a lassulás értéke „csak”:

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot S} = \frac{13,88^2}{2 \cdot 1,5} = 64,21 \text{ m/s}^2 \text{ azaz } \approx 6,5g$$

Az ismertetett gyorsulásérzékelő mellett az SDM elektronikával ellátott légzsákrendszerek tartalmaznak más gyorsulásszenzorokat is, azonban ezek egy része az elektronikán kívül kerül elhelyezésre. A rendszer kiépítésétől függően találkozhattunk oldal (SIS, azaz Side Impact Sensor) és első (EFS azaz Electronic Frontal Sensor) gyorsulásérzékelőkkel is. Az EFS-jeladók csak a nagyobb integritású vezérlők esetén vannak mindig beépítve, kevesebb gyújtókörral rendelkező rendszereknél e jeladók alkalmazása opcionális. Az EFS szenzorok a gépjármű eleje felől érkező ütközés tényén kívül az ütközés súlyosságát öt különböző szint szerint osztályozzák és közlik az elektronikával. Ezen szintekre történt besorolás alapján dönt az elektronika az övfeszítők, illetve az egyes első légzsákfokozatok aktiválásáról. (Mivel az első légzsákok kettős pirotechnikai töltettel vannak ellátva, azaz úgynevezett „dual stage” rendszerűek.) A régebbi sorozatú elektronikák SIS jeladói azonban csak az oldalról történő ütközés tényét érzékelték. Az korszerűbb elektronikáknál már a SIS-szenzorok is képesek az oldalütközés erősségét öt különböző szint valamelyikébe besorolni.

A SIS- és EFS-szenzorok kétvezetékesek, a kommunikációjuk során a jelvezetéken átfolyó áram nagyságát és időtartamát változtatják. A kommunikáció alapja a jelvezetéken a periodikus jelben lévő „magas” (26 mA) áramérték aránya (azaz a kitöltési tényező). Például a szenzorazonosításkor az 1 milliszekundum periódusidejű jelben ha 667 mikroszekundum ideig áll fenn a „magas” áramérték, akkor az logikai 1-nek számít. Míg ha csak 333 mikroszekundumig áll az előbbi áramérték fenn, akkor az logikai 0-nak felel meg. Ez az adatátviteli mód tehát impulzus-szélesség-változtatáson alapul (Variable Pulse Width). A szenzor a gyújtásráadást követően az SDM-elektronikának mintegy bejelentkezik, azaz először a szenzorazonosítás történik meg

(nem lehet a szenzorokat felcserélni), majd folyamatosan (1 másodpercenként) a szenzor saját öndiagnosztikai elektronikája alapján jelzi a működőképességét. Ütközés esetén jelzést küld az elektronikának. (Ez az úgynevezett deploy message). Például az elektronika csak akkor fogadja el az oldalsó ütközés tényét, ha valamelyik SIS-szenzortól két egymás utáni ütközésjelzés érkezik, így küszöbölve ki a vezetékekre kerülő elektromos zajokból adódó téves jelzést.

Soros védelmi tag

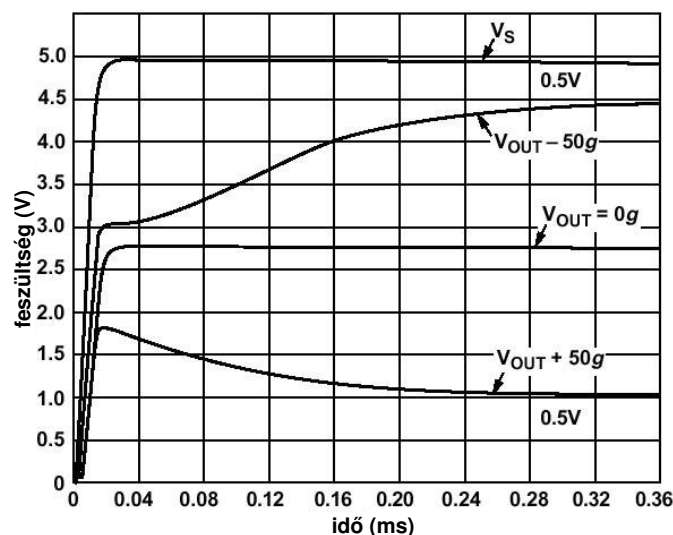
Az elektronika az ütközés nagyságának, irányának és az adott védelmi kör gyújtópatronjának aktiválásához az alábbi szenzorok jeleit veszi figyelembe. Az előbb ismertetett X és Y irányban is mérő jeladó, az oldalütközés-érzékelő (azaz SIS-) szenzorok, az EFS-szenzorok (amennyiben a rendszer rendelkezik ezen jeladókkal), illetve az elektronikai panelre szerelt reed kapcsoló. Megjegyezendő, hogy korszerűbb sorozatnál már a reed kapcsoló helyett egy X irányra programozható gyorsulásmérőt találunk az elektronikai panelen, illetve az újabb rendszerek rendelkeznek még AOS (Automatic Occupant Sensor) utas oldali érzékelővel, illetve a biztonsági öv becsatolt állapotát és az első ülés pozícióját érzékelő szenzorokkal.

Az egyes légzsákok vagy övfeszítők aktiválását biztonsági okokból nem szabad „tisztán” a mikroprocesszor döntésére bízni, mivel egy esetleges mikroprocesszor-meghibásodás véletlen működtetést eredményezne. Itt van szerepe az úgynevezett soros védelmi tagnak, mely a mikroprocesszor döntését kell hogy megerősítse. Azaz a mikroprocesszor és a soros védelmi tag között logikai ÉS kapcsolat áll fenn. Ilyen logikai kapcsolat alapján történik a front oldali (X irányú) védelmi rendszerek működtetése. A régebbi sorozatnál az első oldali gyújtó áramkör egyik eleme egy reed kapcsoló. Ennél a szenzornál egy mágneses gyűrű, viszonylag kis X irányú lassuláskor is képes a rugóerő ellenében elmozdulni és ennek hatására a reed kapcsoló érintkezői záródnak (6. ábra). Amennyiben a mikroprocesszortól is gyújtási utasítás érkezik az adott gyújtókört vezérlő IC-hez, csak ebben az esetben történhet meg az adott övfeszítő, vagy légzsákkör, illetve körök aktiválása. Az újabb elektronikák a reed szenzor helyett a már említett programozható X irányú gyorsulásszenzort (nem tévesztendő össze az X és Y irányba is mérni képes gyorsulásmérővel) használnak. Ezeknél a rendszereknél az X irányból bekövetkezett ütközés esetén a mikroprocesszortól kapott gyújtási parancs megerősítése ezen szenzorral történik.

Oldalütközésnél viszont csak a SIS-szenzorok és a Y gyorsulás érzékelő jele alapján történik az adott oldalon található oldal és a függőnylégzsák működtetése.

Intelligens teljesítmény-végfokozatok

A végfokozatok egyik feladata, hogy a mikroprocesszort a rájuk kapcsolt légzsák vagy övfeszítő állapotáról folyamatosan tájékoztassák. Az adott gyújtókörről ellenállás mérésénél a mérőáramértékek mA-es nagyságrendűek. A gyújtópatronok begyújtásához néhány milliszekundumig amperes



5. ábra: ADXL 250 gyorsulásmérő jel feszültsége különböző gyorsulásoknál



6. ábra: a reed kapcsoló mágneses gyűrűje és a rugó (a jeladó háza lebontva)

nagyságrendű áramnak kell folynia az adott körben. Ezért a diagnosztikai áram hatására a pirotechnikai töltet aktiválása, berobbantása nem történik meg.

A végfokozatok másik feladata, a mikroprocesszor utasításának megfelelően a megfelelő kimeneten lévő gyújtópatron begyújtása. Ekkor az adott gyújtó áramkör mindkét kivezetését egyszerre zárják. A high kimenet, pl. +12 V-tal látja el a kört, a low kimenet pedig testeli a légszákkört. Ennek azért van szerepe, mivel biztonsági okokból megengedhetetlen, hogy egyik pólus mindig ott legyen a légszákon, mivel egy zárlat nem kívánt légszáknitást okozhatna. A fokozat számára a nyitási parancs mint bemenő információ van jelen, amelyet nyugtáznia kell a mikroprocesszor felé ugyanazon adatbuszon, melyen a körellenállás paramétereit is szolgáltatja.

Mikroprocesszor és szoftver

A mikroprocesszor feladata a különböző bemenő adatok feldolgozása, kiértékelése. A processzornak számtalan bemenő, illetve kimenő jele van. A bemenő jelek lehetnek analógak és digitálisak. A kimenő jelei digitálisak. Az analóg bemenetek az X-Y gyorsulásmérő jelei, a rendszer feszültségértékei, ezek az interfészen keresztül jutnak be a mikroprocesszorba. Digitális jelek mint a szenzorok jelei (pl. SIS, EFS), a külső kommunikációs vonal, a belső kommunikációs jelek, illetve az egyes részáramkörök logikai szintjei. A szoftver figyeli a mikroprocesszor be, illetve kimenő paramétereit, az egyes áramköri részeket, saját, illetve rendszerteszteket futtat akár valós időben is, és hibás, illetve nem megengedett állapotokra beállít egy belső, illetve külső hibát. Az SDM modul öndiagnosztikája alapján befogott hibáknak különböző státusuk lehet. Ha a hiba fennáll a kiolvasáskor, akkor aktív hibakódként (activ fault code) kerül beazonosításra, ha nem áll fenn a kiolvasáskor, akkor „elmúlt” hibaként (history fault code), ha egy hiba újból jelentkezett – egyszer már volt aktív hiba –, akkor „időszakos” (intermittent fault code) hibaként tárolódik a memóriában. Fontos megjegyezni, mivel biztonsági termékről van szó, hogy minden egyes hibakód tárolásra kerül, és soha

nem törlődik. A vezérlő minden egyes hiba esetén kigyújtja a vezető számára a műszerfali hibajelző lámpát. Azonban egyes külső hibakódok esetén, amennyiben a hiba státusa nem aktív, akkor pl. 40 gyújtásciklusnyi hibamentes állapot esetén a lámpa kiolszik. Ugyanakkor a hiba megjelenésének kezdete, lámpagyújtásának ideje, a hiba oka, esetlegesen a hibához tartozó mért paraméterek tárolódnak a vezérlőben. A külső hibakódok mindegyike célműszerrel törölhető a felső aktív memóriából, azaz ha a hiba adott gyújtásciklusszám erejéig nem áll fenn, akkor a hibavisszajelző lámpa elalszik, azonban a szoftverben örökre nyoma marad a későbbi kontroller analízis érdekében. A „történeti” (historical fault code) hibakód a gyártónál kiolvasható és a szerviz diagnosztikai műszerével nem törölhető kód, illetve kódok. A mikroprocesszor képes a hibakód jelentkezése óta eltelt idő mérésére is. Mivel a légszákmódul élettartama a gyári előírások szerint 15 év vagy 75 000 gyújtásráadás, illetve 240 000 km, ezért az üzemidőt és a gyújtásbekapcsolások száma is regisztrálásra kerül.

A vezérlő belső hibakódjai azonban nem törölhetők szervizműszerrel. A kontroller belső hibakódjai egyes „okos” műhelyekben ugyan kitörlésre kerülhetnek. Azaz például a crash record – ez a leginkább kedvelt – mindenkor törölhető egy vezérlőből, ha tudjuk az EEPROM mely területén kell azt keresnünk. Azonban ezen beavatkozás a kontroller analízise során kiválóan látható. Ugyanis rengeteg számláló értéke ekkor eltér a megszokottól, és mivel a crash record a termék flash memóriájába is beágyazásra kerül ütközés esetén, ezért ott minden esetben fellelhető. Ebből kifolyólag egy javított légszákvézelő kiszűrése rutinfeladat a termékmérnök számára. Azaz, egy ilyen vezérlő esetleges hibája esetén bármely vevői reklamáció elutasítható.

Az elektronika elemzésére (kontroll analízis) akkor van szükség, ha valamely baleseti esemény bekövetkeztekor a légszákok nem nyíltak ki és a kontroller, illetve a rendszer további elemzése szükséges. Ekkor többek között a jeladók által szolgáltatott jelek, a mikroprocesszor utasításai, az elektronika tápfeszültség-ellátásának lekérdezésén túl, még akár a gyorsulásmérők mérési eredményeiből a gépjármű sebességváltozása is megrajzoltatható. Ez Magyarországon még nem divat, de nyugaton a tapasztalat azt mutatja, igenis élnek a vezérlők analízisének lehetőségével – főleg a biztosítók.

Szenzor interfész

Az SDM-szenzor interfésze kapcsolatot teremt a mikroprocesszor, valamint a külső szenzorok között. Ezen áramköri rész valójában egy kétirányú adatcsatorna szintillesztéssel, valamint védi az SDM-et a szenzorok nemkívánatos, szinten kívüli jelétől. A szenzorok kimenő jelét a mikroprocesszor a szenzor interfészen keresztül értelmezi, illetve ad ki parancsokat, nyugtázza, megerősítést kérhet a szenzoroktól.

Reményünk szerint az eddig leírtakban sikerült egy kissé közelebbi tenni, egy önkényesen kiválasztott gyártó típusvariánsain keresztül a légszák-elektronikák „belső lelki életét”. Tettük ezt attól a hittől vezérelten, hogy érdemes, akár ha elvi szinten is, a „fekete dobozokba”, azaz a vezérlőelektronikákba is betekinteni.

**Bódi Béla
Kiss Zoltán**