

ÁRAMÉRZÉKELŐ ELLENÁLLÁSOK TECHNIKAI PARAMÉTEREI

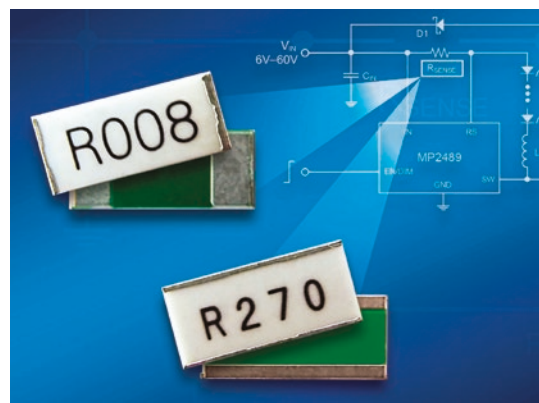
Elektronikai áramkörben való árammérésre manapság leggyakrabban pontos értéken tartott, alacsony ellenállású áramérzékelő chipellenállásokat használnak, és a rajtuk eső feszültséget mérve az áramérték az Ohm-törvényen alapulva kalkulálható. Az ilyen eszközökkel szemben támasztott követelmények a szobahőmérsékleten értelmezett szűk tolerancia, annak alacsony hőfüggése (TCR), a nagy névleges teljesítmény és a kis méret. Ám vannak más faktorok is, melyek befolyásolják a mérés pontosságát, mint például a magán az ellenálláson keletkező hőveszteség hőmérsékleti hatása (PCR), az ellenállás anyagának a mérés pontosságára gyakorolt hatása, illetve elsősorban nagy frekvencián használt áramérzékeléskor az ellenállás ekvivalens soros induktivitásának jeltorzító hatása. Írásunkban ezeknek a jelenségeknek az értelmezésével és a mérés pontosságára gyakorolt hatásukkal foglalkozunk egy vezető precíziósellenállás-gyártó, a japán SUSUMU cég KRL-sorozatú sőtellenállásainak bemutatásával

Chipellenállások katalógusadatai

Az alacsony ellenállású áramérzékelő chipellenállások először túláramvédelmi megoldásként tápegységek áramköreiben kerültek felhasználásra, majd a DC/DC konverterek egyre szélesebb körben való elterjedésével az elektronikus eszközök tápegységeiben váltak kulcsfontosságú elemekké az áramérzékelés és -beállítás területén. Amikor egy tervezőmérnök különböző gyártóktól származó áramérzékelő ellenállásokat hasonlít össze, ha egyedül az adatlapokban szereplő TCR (Thermal Coefficient of Resistance – ellenállás-stabilitás a környezeti hőmérséklet-változás függvényében) értékeket figyelembe véve jár el, nem fog precíz információt kapni a mérés várható pontosságáról, mert a mérendő áram hatására keletkező hő miatt is változik az ellenállás. Egy komponens betervezésekor első közelítésben a komponens gyártói adatlapjában szereplő értékeket szokás figyelembe venni, azonban ajánlatos ezeket az adatokat az alkalmazásbeli vagy laboratóriumi tesztlel való viszonyok közt is ellenőrizni. Chipellenállások esetén, a klasszikus paraméterek: ellenállás, névleges teljesítmény és a szobahőmérsékletre megadott ellenállás-tolerancia értékei mellett nagy hangsúlyt kell kapjon a már említett TCR-érték is annak megállapítására, hogy hogyan fog változni az ellenállás, ha a környezeti hőmérséklet emelkedik. Például egy ± 100 ppm (TCR) pontosságú komponens

ellenállása a környezeti hőmérséklet $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ vagy K fokkonkénti változásakor a névleges értékhez képes $0,01\%$ -ot változik, amely 100 K hőmérsékleteltérés esetén már 1% pontatlanságot okoz, ami kültéri vagy autóiipari alkalmazásokban szokásos érték. Bár az áramérzékelő ellenállások kis ohmos értékkel rendelkeznek, nagy áramok mérésekor az sem mindegy, hogy a saját hőtermelés mennyire befolyásolja a pontosságot. Az elektronikus eszközöktől elvárt feladatok mennyisége és a jelfeldolgozási sebesség növekedésének igénye az áramkörtervezőket olyan kihívások elé állítja, mint a nagyfrekvenciás zajok kezelése. Nagyfrekvencián az ellenállásnak mint vezetőnek a saját induktivitása is jelentős faktor az eredőimpedanciában, jelentősen befolyásolja annak viselkedését.

Az írásunkban a SUSUMU japán precíziósellenállás-gyártó cég KRL áramérzékelőellenállás-sorozatában alkalmazott megoldásain keresztül mutatjuk be azt a kívánatos szerkezetkialakítást, ami lehetővé teszi a megbízható érzékelést. A KRL-sorozat rendkívül népszerű a kis ellenállásérték melletti nagy névleges teljesítménye és kis öninduktivitása miatt, mely utóbbi lehetőséget ad a nagyfrekvenciás zajok elkerüléséhez. Ezt a speciális hosszúoldali kivezetések alkalmazásával érik el. Ennek a konstrukciónak az előnye az is, hogy a



keletkező hő is könnyebben távozik a szélesebb forrasztások mentén a nyomtatott áramkör felé. A KRL áramérzékelő ellenállások alkalmasak akár a háztartási gépek és berendezések nagy áramú elektronikai áramköreibe, akár autóiipari alkalmazásokban való használatra, mert rendelkeznek az AEC-Q200 tanúsítványokkal is.

Áramérzékelő ellenállások saját melegedése

Az áramérzékelő ellenállások hővesztesége arányos az ellenállásértékükkel és a rajtuk átfolyó – mérni kívánt – áram erősségével, az Ohm-törvényből származtatva:

$$P = UI = I^2R.$$

Az ennek hatására fellépő hőmérséklet-változás a környezeti hőmérséklet változásának hatására fellépő ellenállás-változáshoz adódva tovább növeli a mérési pontatlanságot, ezért értéket minimalizálni kell. Egyik lehetőség az ellenállás értékének csökkentése, a legtöbb gyártó ebben a kategóriában általában milli- vagy mikroohm-nagyságrendben kínál komponenseket. Ám az ipari trendek hatására folyamatosan növekvő áramok mellett ez korántsem elegendő, mivel az áram a hőveszteség keletkezésében sokkal nagyobb szerepet kap, hiszen annak képletében is a második hatványon szerepel. Emiatt elsősorban arról kell gondoskodni, hogy a keletkező hőt minél hamarabb elvezessük a komponensről és annak hőmérsékletét ne emelje jelentősen. Ezt különböző technológiai fogásokkal lehet elérni, mint például speciális, több-



1. ábra. KRL-sorozat: A fémfólia-ellenálláselem a hordozó-kerámia-szubsztrátum aljára való ragasztásával kiváló hőleadó képességgel ruházta fel a gyártó a komponens

rétegű kialakítással, ahol a vékony fémfólia-ellenálláselem a kerámiahordozó alá való ragasztásával sokkal közelebb kerül a nyomtatott áramkörhöz, így a keletkező hő gyorsabban elvezethető, mint a versenytársak megoldásainál, ahol az ellenálláselem a szubsztrátum tetején van, így a hő nagy részét a rosszabb hőátadási együtthatójú környező levegőbe kell disszipálni.

TCR és PCR

Ahogy azt korábban írtuk, söntellenállások összehasonlításakor egyedül a TCR nem ad megfelelő tájékoztatást a mérés várható pontosságáról, hiszen az ellenállás nemcsak a környezeti hőmérséklet változásának hatására változik, hanem a saját melegedés is befolyásolja. Így a TCR mellett még egy paramétert figyelembe kell venni, a PCR-t (Power Coefficient of Resistance). Egy kisebb TCR-értékű komponens akkor tud pontosabb mérést végrehajtani a konkurens termékénél, ha az önmelegedésével együtt is szignifikánsan kisebb az ellenállásváltozás.

Példa. A „T1” táblázat második sorában bemutatott vastagrétegsönt az alacsonyabb TCR-értéke miatt elvileg pontosabb mérési értékeket kellene, hogy adjon, mint a magasabb TCR-rel rendelkező KRL.

Az $R = 100 \text{ m}\Omega$ szobahőmérsékleten értelmezett, névleges ellenállással rendelkező alkatrészeken azonban strukturális kialakításuk miatt jelentősen eltérő, saját melegedésre jellemző értékekkel rendelkeznek.

Ebben a példában a „B” típus az alacsonyabb TCR-értéke ($\pm 40 \text{ ppm}$) mellett 100 K -al, míg a KRL fémréteg-ellenállás a magasabb TCR ($\pm 50 \text{ ppm}$) mellett is csak 60 K -kal melegszik (lásd. T1 táblázat).

A saját melegedés hatására megnövekedett ellenállás a következő képlettel számítható: $R = R_0 \text{ TCR } \Delta T$

- „B” ellenállás esetén: $100,4 \text{ m}\Omega$
- KRL ellenállás esetén: $100,3 \text{ m}\Omega$

Megállapítható, hogy a TCR magasabb értéke ellenére is precízebb, stabilabb

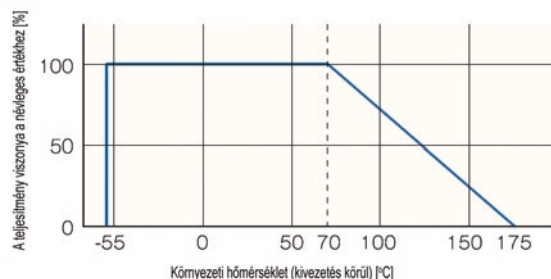
ellenállásértékkel, így nagyobb mérési pontossággal rendelkezik a jobb hőleadást biztosító konstrukciójú KRL fémréteg áramérzékelő ellenállás, mint a kisebb TCR-rel rendelkező, de jobban melegedő konkurens termék.

Teljesítménydegradáció

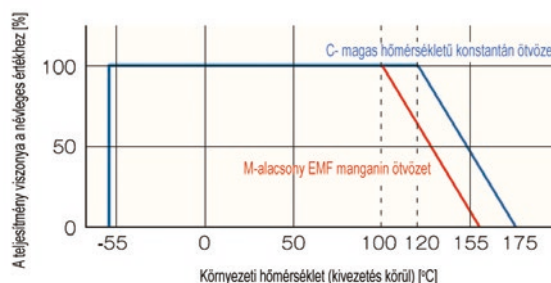
Mind anyagtechnológiai, mind kialakításbeli változtatásokkal befolyásolható az a maximális névleges teljesítmény, melyet a komponens termikus korlátjai határoznak meg. Ezek felmérését az alkatrész felületén vagy a terminálokon végzett hőmérsékletméréssel végzik. Amikor a hőmérséklet eléri a felső határértéket, a komponens hőleadási képessége csökken. Az a maximális teljesítményvesztés, ami mellett az ellenállás értéke változatlan marad, jelentősen függ az alkatrész hőleadási képességétől. A nominális teljesítmény csökkenésének elkerülésére lehetőleg a konstrukció kialakításával, a lehetőségekhez képest egyenletes hőelosztást kell biztosítani a komponensben és el kell kerülni a hot-spotok kialakulását.

Az ellenállások névleges teljesítmény szerinti osztályozása azon alapul, hogy mekkora az az energia, amit a komponens hő formájában károsodás nélkül képes leadni. A legtöbb gyártó általában 70°C -on és szabad légáramlatban specifikálja a névleges teljesítményt, efeletti hőmérsékleten az alkalmazható teljesítmény az anyag károsodásának elkerülése érdekében tett beavatkozás miatt csökken. Az a hőmérséklet, melyhez már nem tartozik teljesítmény, egyben a komponens maximális tárolási hőmérséklete is.

A SUSUMU KRL-sorozatai esetén, attól függően, hogy az ellenálláselemnél alkalmazott anyag a jobb hőmérséklet-állóság-



2. ábra. Hagyományos sönt. Teljesítménycsökkenési diagram



3. ábra. „C” és „M” típusú KRL áramérzékelő ellenállás. Teljesítménycsökkenési diagram

gú konstantán ötvözet, vagy az alacsonyabb termikus EMF (Seebeck-effektus) értékkel bíró manganinötvözet, a teljesítménycsökkenés csak magas hőmérsékleten, $100\text{--}120^\circ\text{C}$ -nál jelentkezik. Ez az oka annak, hogy a KRL-sorozat egyes elemei más gyártók ugyanakkora méretű termékeinél nagyobb névleges teljesítménnyel rendelkeznek, vagy ugyanakkora teljesítményen használva kisebb tokozású áramérzékelő is elegendő.

Áramérzékelés a gyakorlatban

Az áramérzékelő ellenállásokkal történő, fent leírt módszer akár autóiipari alkalmazásokban, akár háztartási gépek elektronikai részegységeiben is megbízhatóan használható. Ilyen megoldások találhatók például a gépjárművek csomagtartónyitó vagy ülésbeállító automatikaiban, szelepvezérlésekben, de a fékrendszerek is percíz árammérést igényelnek. Egy háztartásokban használt takarítórobotokra specializált felhasználó például egyszerre három problémát oldott meg a KRL áramérzékelő ellenállások használatával. A robot tápegységének DC/DC konvertere egy $10 \text{ m}\Omega$ -os söntellenállás használatát igényelte, melyet minimum 2 W -os névleges teljesítményre kellett méretezni a 10 A feletti áramok mérésére, mivel a controller bemeneti feszültsége 100 mV nagyságrendű. A kereskedelembe kapható 2 W -os névleges teljesítményű áramérzékelő ellenállásai rendszerint 2512 méretben kapha-

Típus	Technológia	TCR [ppm]	Saját melegedés ΔT [K]	Névleges ellenállás R_0 [m Ω]	Valós ellenállás R [m Ω]
KRL	Fémfólia a kerámia alatt	± 50	60	100	100,3
„B”	Vastagrétegsönt	± 40	100	100	100,4

1 táblázat. A fémfólia KRL áramérzékelőellenállás-sorozat és egy vastagrétegsönt TCR- és PCR-értékeinek összevetése

tók, de itt ez a méret a szűk hely miatt nem fért el. A SUSUMU KRL-sorozatának hosszúoldali kivezetéses kivitelű változataiból választva, egy kisebb 2010 tokozású ellenállás is elegendő volt, részben a fent leírt speciális konstrukció, részben pedig a szélesebb kivezetések nyújtotta kedvezőbb hőelvezetési jellemzők miatt.

Az ellenálláselem anyaga

Mivel az áramérzékelés egy precízen tartott, jól ismert értékű ellenálláson való feszültségmérésen alapuló kalkulációs módszer, minden olyan tényező, ami ennek a mért feszültségnek az értékét befolyásolja, a mérés pontatlanságához vezet. Ilyen hatás a melegedés fent részletezett ellenállás-változtató hatása (TCR és PCR), de egyéb hatásokkal is találkozhatunk a gyakorlatban. Az ellenállás konstrukciójából adódóan különböző fémek alkotnak kapcsolódási pontokat, melyek és a kivezetések közt a külső hőmérséklet változása-kor mikrovolt-nagyságrendű hőmérsékleti elektromotoros erő ébred (EMF), ami az ellenálláson eső feszültséghez adódva torzíthatja a mérést. A jelenség a termoelem (Seebeck)-effektussal magyarázható. Az eltérő anyagú fémek, mint például a kivezetések rézanyaga, illetve az ellenálláselem fémötvözetei (konstantán, manganin stb.) közös pontokon kapcsolódnak, és ha ezeket a pontokat hő éri, mini hőelemként viselkednek, és jelentkezik az EMF. A konstantánötvözetből készült ellenállások, bár jobban bírják a magasabb hőmérsékletet, rézzel kombinálva nagyobb EMF-t gerjesztenek, mintha manganinötvözetet választanánk alapanyagul. Ha ez a hatás jelentkezik az applikációban, érdemes ilyen alacsony EMF-fel rendelkező, manganin-anyagú ellenállást választani.

Egyenértékű soros induktivitás (ESL)

Nagyfrekvencián alkalmazva a söntellenállást, annak impedanciáját már nemcsak az ohmos ellenállása, de az induktív reaktancia is befolyásolja, mert mint minden vezető, ez is rendelkezik parazita induktivitással, amit az áramköri modellben az ESL jellemez. Az induktivitás értékét a jel-torzulás korlátozásához a lehető legkisebb értékben kell tartani. Manapság az elektronikus eszközök nagy része kíván olyan sokféle és pontos tápfeszültséget, melyet jó hatásfokkal csak DC/DC konverterekkel lehet biztosítani. Ezek a kapcsolóüzemű eszközök több száz kHz frekvencián

működnek. Amennyiben az alkalmazott áramérzékelő ellenállás induktivitása nagy, a kapcsolási impulzusokban zaj jelenik meg, amely a vezérlés pontosságát negatívan befolyásolja. Az induktív reaktancia egyenesen arányos mind a frekvenciával, mind az induktivitás értékével, ezért adott frekvencián csak az ESL csökkentésével minimalizálható:

$$Z \sim 2\pi f ESL.$$

Látható, hogy amennyiben az ESL értéke kellően kicsi, a zaj elhanyagolható lesz.

Egy egyenes (nem tekercselt) vezető parazita induktivitása az alábbi közelítő formulával kalkulálható:

$$L = 0,002 h(2,303 \log_{10} 4h/d - 1 + \mu/4).$$

Ahol

- h: a vezető hossza,
- d: a vezető szélessége,
- μ : a permeabilitás.

Az anyag permeabilitásának és a kivezetés hosszának növekedésével az eszköz induktivitása nő, míg a szélesség növekedése az induktivitás csökkenéséhez vezet. Ebből következően adott anyag esetén rövid, de vastag kivezetés alkalmazásával lehet alacsony ESL-értéket realizálni. A SUSUMU emiatt úgy alakítja ki a KRL-sorozatú chipellenállásainak egyes változatait, hogy azok hosszabb oldalain találjuk meg a hozzávezetéseket, így a rövid, de vastag mechanikai kiképzés miatt alacsony parazita induktivitás jellemzi ezt a sortozatot, miközben egyben növekszik a sönt hőleadó képessége is.

A 4. ábrán a bal oldali oszcilloszkóp-képernyő rövid oldali kivezetéses ellenálláshasználata melletti zajos hullámalakot mutat, míg a speciális, alacsony ESL változat esetén a zaj – a jobb oldali képernyőre – jelentéktelen.

Ezzel az egyszerű módszerrel a tervező számára elkerülhetővé válik költséges zaj-elnyomó áramkörök használata

Hosszú oldali kivezetés – jobb hőelvezetés és jobb jel-zaj viszony

A SUSUMU hosszú oldali terminállal és kis ellenállással bíró chipellenállásait a teljesítmény növelése érdekében fejlesztették és nagyon népszerűek. Ugyanakkor az elektronikai eszközök egyre nagyobb sebességigénye és működési frekvenciája miatti olyan speciális elvárásoknak, mint például az alacsony ESL-érték, ezek a hosszú oldali hozzávezetéssel rendelkező

endrich
components of life

SSM SUSUMU
Thin Film Specialist and Innovator



**ULTRAMAGAS MEGBÍZHATÓSÁG
ÉS STABILITÁS**

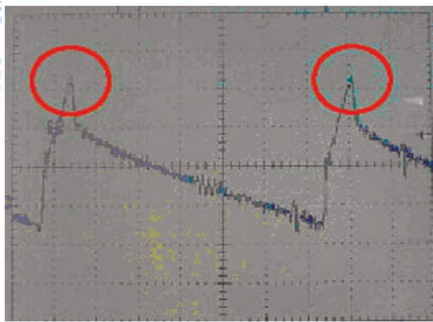
**VÉKONYRÉTEG-CHIP
ELLENÁLLÁSOK
HOSSZÚOLDALI
ELEKTÓDÁKKAL**

- Durva környezeti hatásokkal szembeni kiváló ellenállóság
- Nagyfokú megbízhatóság és stabilitás
- Nagyon magas névleges teljesítmény
- Nagyfokú impulzusállóság
- Alacsony zaj
- Vékonyréteg-technológia
- Melf kiváltásra is alkalmas
- Hosszúoldali elektróda a jobb hőleadás és a kis nagyfrekvenciás zaj biztosítására

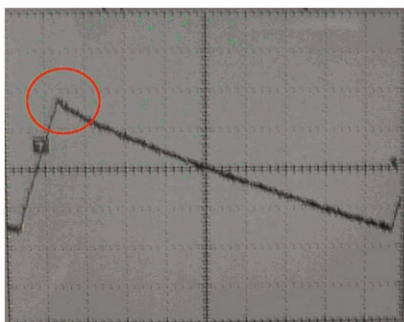
Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH



Tel.: (+361) 297-4191
z.kiss@endrich.com
www.endrich.com



Rövidoldali kivezetés : a kapcsolási impulzusok zajosak



Hosszú oldali kivezetés : a zaj eltűnik

4. ábra. Rövid és hosszú oldali kivezetéses áramérzékelők összehasonlítása DC/DC konverterben való használatkor, a kapcsolási zajok szempontjából

alkatrészek kiválóan megfelelnek. A fejlesztés iránya az áramérzékelő ellenállások területén ma a pontosság és megbízhatóság további növelése az autóiparhoz kapcsolódó elektronika elvárásainak megfelelően, valamint nagyobb teljesítmény (20 W) elérése, melyre elsősorban ipari invertereknél van szükség. Az alacsony parazita induktivitás zajelnyomó hatása miatt a mérési pontosság szignifikánsan nő. Az elektronikus eszközök töltésvezérlőiben az akkumulátor közelében a feltöltés és a kisütés közben jelentős hő keletkezik, itt az eszközök hőmérsékleti jellemzői játszanak kulcsszerepet. A fordított struktúra (az ellenállásfólia a kerámia alá van ragasztva) miatt nem alakulnak ki hot-spotok, a PCB

felé való gyors hőátadás, valamint a széles forrasztási terminálok miatti további hőleadás pedig a TCR/PCR mérési pontosságra való negatív befolyását csökkenti.

SUSUMU KRL áramérzékelő sorozat

A SUSUMU KRL áramérzékelőellenállás-sorozatait (disztribúció: Endrich Bauelemente Vertriebs GmbH) minimális ellenállásértékekkel magas névleges teljesítményre, így elsősorban áramerősség-mérésre tervezték. A fémfóliaellenállás-elem a hordozókerámia-szubsztrátum alá ragasztva egyedi hűtést biztosít a komponens számára, mert a hő a nyomtatott áramkör felé sokkal gyorsabban képes tá-

vozni, mint a konkurens termékeknél felül elhelyezkedő hőforrásból a rossz hővezető levegőn keresztül a környezet felé leadott hő (1. ábra). A KRL-sorozatokat továbbá alacsony zaj, alacsony parazita induktivitás és termikus elektromotoros erő (EMF) jellemzi, így a mérés pontossága növelhető, miközben a komponensek robusztusok és mechanikai méreteik is kisebbek adott névleges teljesítményen, mint sok versenytárs hasonló alkatrészénél. Az inverz felépítés nemcsak a hőleadási képességeken javít, a szerves ragasztóréteg csillapítja a nyomtatott áramkör és a kerámiahordozó eltérő hőtágulásából eredő mechanikai stresszt is. A komponensek így biztosítják az autóipari AEC-Q200 szabvány előírásainak betartását a legnagyobb tokozások alkalmazása mellett is. A KRL-sorozat elemei különböző kivitelben kaphatók: 1 mΩ – 1 Ω ellenállásértékekkel, 0603 – 4320 tokozásokban, 0,25 – 10 W névleges teljesítményosztályokban, standard 50 ppm TCR és ±1% szobahőmérsékleti ellenállás-toleranciával rövid, hosszú oldali 4K és aranykivezetésekkel.

FELHASZNÁLT IRODALOM:
[TOBIAS JUNG – TCR- UND PCR-EFFEKT IN STROMMESSWIDERSTÄNDEN – KÜHL KALKULIERT] [HTTP://WWW.ELEKTRONIK-INFORMATIONEN.DE/59057](http://www.elektronik-informationen.de/59057)

TOBIAS JUNG – SZENIOR TERMÉKMENEDZSER, PASSZÍV ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK
KISS ZOLTÁN – KELET-EURÓPAI ÉRTÉKESÍTÉSI VEZETŐ, ENDRICH BAUELEMENTE VERTRIEBS GMBH

WWW.ENDRICH.COM



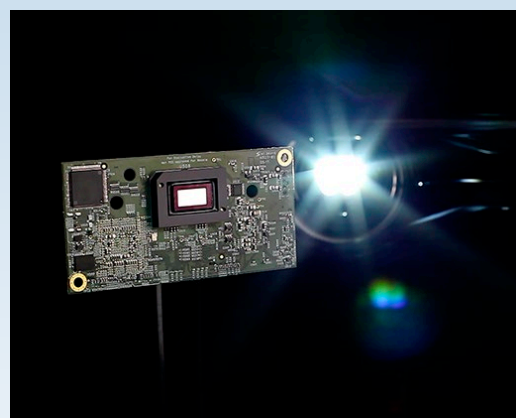
FORRADALMI ÚJÍTÁS A GÉPJÁRMŰVEK FÉNYSZÓRÓRENDSZEREIBEN

A Texas Instruments a Consumer Electronics Show (CES) kiállításon bemutatta egyedülálló DLP® technológiájának implementációját nagy felbontású fényszóróberendezéseknél. Az új DLP chipset a piacon jelenleg az egyetlen olyan megoldás, amely teljes programozhatóságot és magas felbontást nyújt, ami fényszórónként több mint egymillió megcímezhető képpontot jelent. Ez a felbontás tízezerszeresen haladja meg a jelenlegi, adaptív fénysugaras technológiákkal elérhetőket.

Az autógyártók és élvonalbeli, közvetlen beszállítói az új, programozható, adaptív fénysugaras forrással olyan fényszórórendszereket fejleszthetnek, amelyek korábban

soha nem látott világosságot nyújtanak az autóvezetők számára amellet, hogy a szembejövőket sem közvetlenül, sem a reflektív felületű, közúti jelzőablákról, közvetetten nem vakítja el fényével. Az új DLP technológia bármilyen fényforrással kompatibilis, akár LED-ekkel és lézerekkel is, az egyedileg formázható nyalábminták pontos tervezésre adnak lehetőséget.

A DLP technológia rugalmasságával az autógyártók és vezető tier-1-beszállítói olyan fényszórók tervezésére kapnak lehetőséget, amelyek programozható szoftverrel és optikával egyedi csúcsteljesítményt visznek a végtermékbe, a járműbe, és még esetlegesen stílusidegenségtől sem kell tar-



tani a márkaarculatot illetően. A fényszóró egyes pixeljei részlegesen vagy teljesen halványíthatók is, így akár a távolsági fényszóró is állandóan bekapcsolva lehet anélkül, hogy a közlekedés többi résztvevőjét ez bármilyen tekintetben hátrányosan érintené.

WWW.TI.COM