

Energiahatékony versenyjárműbe tervezett komplex világítási rendszer

Design of an energy efficient complex lighting system for electric vehicle

GULYÁS Péter¹, SZAKÁLLAS Gábor²

¹Széchenyi István University SZE-JKK Győr Egyetem tér 1, Hungary gulyas.peter@ga.sze.hu

²Széchenyi István University SZE-KVJT, SZE-JKK Győr Egyetem tér 1, Hungary szgabor@ga.sze.hu

Kivonat

Energiahatékony világítási rendszert fejlesztettünk egy elektromos kísérleti járműhöz, melynek karosszériája rendkívül szűk fizikai méretekkkel rendelkezik. A lámpatestek elektronikai áramköre biztosítja a fő tápfeszültség átalakítását 5 VDC-re és a közlekedéshez szükséges fényjelzések működtetését is. Ezen felül bemeneteinek segítségével könnyen összehangolható a későbbi önvezető funkciókkal, így az automatizált közúti manőverekhez szükséges jelzéseket is képes lesz a felső szintű irányítási rendszertől érkezően kiszolgálni. Ezen funkciók kerültek integrálásra egy kisméretű minimalizált fogyasztású panelen.

Kulcsszavak: energiahatékony, konverter, periféria, fényszóró, autonóm, mikrovezérlő

Abstract

Developing of an energy efficient lighting system for an experimental electric vehicle, with regard to the strict physical boundaries of the chassis. The electrical circuit of the lighting system ensures the conversion of the main power supply voltage to 5 VDC and the operation of the necessary light signals during maneuvers. Thanks to its inputs, it is easy to implement it into our autonomous system, therefore it is capable of executing the crucial light signals, received from the higher level control system during automated maneuvers. All these functions were integrated into a small size PCB while minimizing the current consumption.

1. BEVEZETÉS

A járműipar átalakulása során, ahol jelenleg az akkumulátorok kapacitása a szűk kersztmetszet, rendkívül nagy szerephez jut a villamosenergia hatékony felhasználása és a fogyasztás minimalizálása a kényelmi funkciók megtartása mellett. A Széchenyi István Egyetemen működő SZEnergy Team-ben már régóta a hatékonyságot tartjuk szem előtt, melyet minden évben próbálunk egyre tökéletesebbre csiszolni, megspórolva az utolsó mA-eket is. A 2020-as rendszer átalakítása során eltávolításra került a nagyteljesztényű 12V-os DC-DC konverter, annak érdekében, hogy munkáját a perifériák mellé beépített, kifejezetten kis fogyasztásra optimalizált integrált áramköri buck konverterek vegyék át. A konverteren kívül az első és hátsó periféria vezérlő is felszámolásra került, így funkcióját integrálni kellett a fényszórókba, amit a hatékonyság jegyében egy kis fogyasztású mikrovezérlő vált.

2. FÉNYSZÓRÓ TERVEZÉS

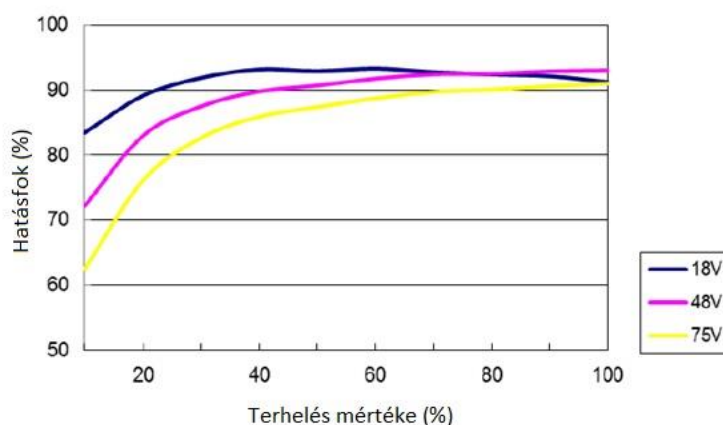
Az előző versenyszezonra készített fényszóróink LED szalag felhasználásával voltak elkészítve, melyet az első vagy hátsó periféria vezérlő kapcsolt be és ki, illetve ez a kontroller végezte az RGB LED-ek címzését és időzítette azok működését a megfelelő közlekedési fényjelző funkciókhoz. A LED-ek melege és a túl hosszú címzésre használt kommunikációs vonal is problémákat okozott, melyeket mindenképp ki kellett küszöbölni, hogy a periféria rendszer valóban üzembiztossá váljon. Figyelembe kellett venni azt is, hogy egy olyan fényszóró rendszert alakítsunk ki, mely egyszerűen vezérelhető,

hiszen csapatunk önvezető funkciók megvalósításával is foglalkozik és az autonóm manőverek közben is fontos az irányjelzés, vagy a féklámpa működtetése. A világítási rendszer elemei így már önmagukban is komplex feladatot ellátó egységgé váltak, ahol az új fényszóró tervezése előtt felállított elvárások kimondták:

- a fizikai méretekhez kötött egyedi PCB tervezést,
- címezhető LED-ek használatát,
- maximalizált hűtőfelület kialakítását a LED-ek számára,
- PCB-n megvalósított 48 VDC – 5 VDC konverziót,
- PCB-re integrált mikrovezérlőt,
- egységes digitális interfészt az egyes funkciók kapcsolásához.

2.1 Konverter optimalizálás

A 48 VDC tápellátás konverziójára korábban is DC-DC konvertert alkalmaztunk, de más feszültség szintre (12 VDC) és több fogyasztó számára szolgáltatót tápellátást. A konverter hatásfoka elfogadható volt, ha több eszköz is üzemelt, de versenyhelyzetben 0,7-1 A közötti terheléssel üzemelt csak, ahol hatásfoka 80% körül volt, melyet az alábbi 1. ábra szemléltet.



1. ábra Traco Power TMDC 60-4812 DC-DC konverter hatásfokgörbéje

Méréseink alapján a korábbi rendszer ébren tartása 1,4 W-ot fogyasztott, amiben egy FPGA alapú NI myRio volt a vezérlő és tápvonalra ültetett kommunikáció kapcsolta össze perifériáinkat. Miután az elektromos rendszer átalakításra került, egyértelművé vált, hogy az üresjáratú fogyasztásunkat is csökkentjük, így mindenképpen egy perifériákhoz optimalizált konverterre volt szükségünk. Ezekre a tapasztalatokra építve egy olyan, széles bemeneti feszültség tartománnyal rendelkező konverter [1] megvalósítása volt a cél, mellyel szemben három elvárást fogalmaztunk meg:

- 90% feletti hatásfok 30-150 mA-es tartományban,
- távoli ki- és bekapcsolási lehetőség,
- minimalizált helyigény.

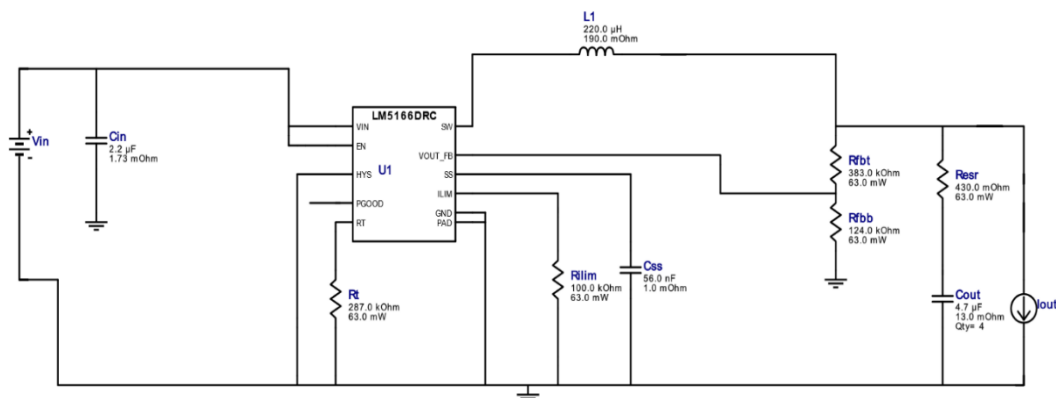
A feladatra választott konverter egy a Texas Instruments által gyártott LM5166-os lett [2]. Az integrált áramköri konvertert a TI Webench segítségével kifejezetten kis teljesítményre optimalizáltuk, melynek végeredménye egy 91,8%-os hatásfokú buck konverter lett. Az optimalizálás során a konverter környezete és sematikus kapcsolása is elkészült, mely a 2. ábrán látható.

Az optimalizált konverter 25 mA-es terheléstől egészen 250 mA-es terhelésig 90%-os hatásfok felett teljesít, melyet jól mutat a 3. ábrán látható hatásfokgörbe. A hatékony üzemi paraméterek mellett az IC rendelkezik a távoli kapcsolhatóság lehetőségével is, így teljes mértékben lekapcsolható, amennyiben a perifériák működtetése nem szükséges, megtakarítva ezzel az IC és a kapcsolódó elemek disszipált teljesítményét, valamint a mikrovezérlő *idle* módbeli készenléti teljesítményét is.

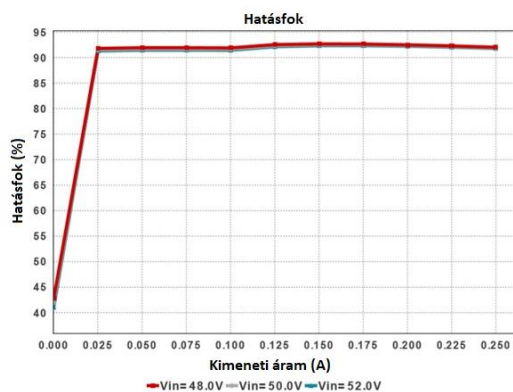
2.2 Első fényszóró

Az első fényszóró paneljének megtervezésekor a hangsúly annak körvonalán volt, hiszen azt a korábban formatervezett és már beépített lámpa kerete adta. Az alacsony légellenállási együtthatóval rendelkező karosszériánk orra erősen ívelt [3], így a PCB kialakításakor is ennek vetített körvonalát

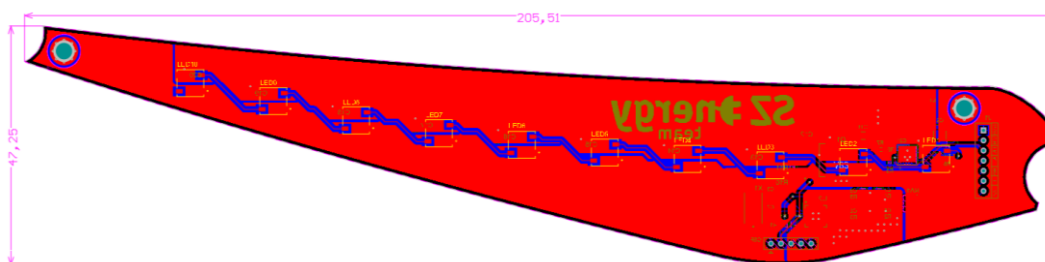
vettük figyelembe. A panel felülete 4894.18 mm^2 , melynek áramköri terve a 4. ábrán látható. A panel felső rétege dedikáltan a három nagy hőterhelésű áramkörhöz van rendelve, ezzel biztosítva a megfelelő hűtést a konverter IC-nek, valamint a LED-eknek [4].



2. ábra Az optimalizált LM5166 DC-DC konverter és környezetének kapcsolási rajza



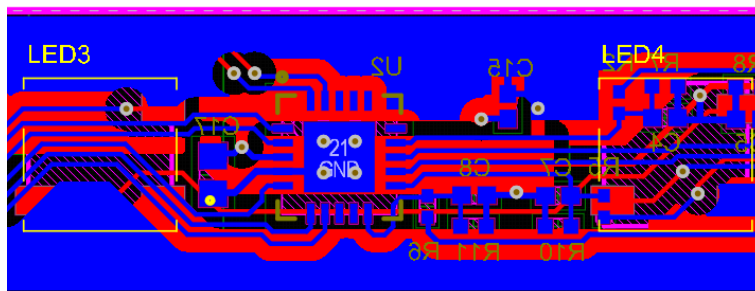
3. ábra A kis fogyasztásra optimalizált LM5166-os konverter hatásfokgörbéje



4. ábra 2D-s vizualizáció a fejlesztett első fényszóró panelről

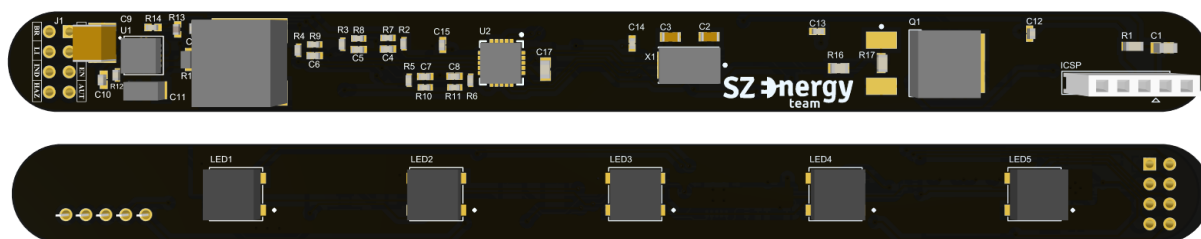
2.3 Hátsó lámpa

A hátsó fényszóró paneljának megtervezése tartogatta a legnagyobb kihívást, hiszen a karosszéria annyira ellaposodik az autó hátuljánál, hogy a fényszóró ház összesen $120 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ -es panel méretet enged meg. Az első fényszóróhoz viszonyítva kevesebb, mint negyed akkora felület ($1169,03 \text{ mm}^2$) állt rendelkezésre és ugyan a LED-ek száma feleződött a működéshez szükséges komponensek száma nem változott. Problémát okozott az is, hogy a panel szélessége rendkívüli módon lecsökkent a mikrovezérlő alatt, annak hűtő átvezetései és a használandó lábak kivezetései miatt.



5. ábra Energiahatékony hátsó fényszóró panel mikrovezérlőjének környezete

Mindezek mellett maximalizálni kellett a *GND* és *Power* vezetőket a kielégítő hűtés érdekében, valamint minden szükséges komponenst elhelyezni, mely több iterációban vált csak gyárthatóvá. Az első fényszóróhoz képest a féklámpa funkciójából adódóan eggyel több bemenettel, és ennek okán több kapcsolódó alkatrészrel is rendelkezik. Az első – hátsó fényszórók szinkronizálása érdekében, mindegyik fényszóró saját oszcillátorral van ellátva, és nem a mikrovezérlő belső oszcillátorát használja majd, így ennek helyigénye is megnehezítette a tervezést. Az elkészült panel 3D-s tervei az 6. ábrán láthatók.



6. ábra 3D-s vizualizáció az energiahatékony hátsó fényszóró panelről

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A panelek kialakításakor nagy figyelmet fordítottunk a fogyasztás és a tömeg minél nagyobb mértékű csökkentésére, valamint arra, hogy a perifériák képesek legyenek az együttműködésre egy felsőbb vezérlő rendszerrel is, ami az önvezető funkciók alkalmával kerül majd a középpontba. A megtervezett panelek digitális magas és alacsony jelek kapcsolásával kontrollálhatók így biztosítva a felsőbb irányítási rendszerek egyszerű illesztését. A lehető legnagyobb hűtőfelület került kialakításra, annak érdekében, hogy az integrált vezérlővel rendelkező LED-ek minél alacsonyabb hőmérsékleten tudjanak üzemelni, növelve ezzel élettartamukat, színhűségüket és a rendszer stabilitását.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk kutatásaihoz az Új Széchenyi Terv keretein belül a „Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001)” projekt és a Széchenyi István Egyetem biztosított forrást. A kutatás az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] V. Choudhary: *Wide VIN power management ICs simplify white paper (Rev. A)*, Texas Instruments Incorporated, Dallas - Texas, 2013
- [2] TI WEBENCH: LM5166 DC/DC konverter konfiguráció: <https://webench.ti.com/appinfo/webench/scripts/SDP.cgi?ID=A8E2340204781317> (Utolsó látogatás: 2020. február 5.)
- [3] Sz. J. Ádám, P. Dániel: *Energia hatékony versenyjármű aerodinamikai tervezése*, XXVI. Nemzetközi Gépészeti Konferencia, Marosvásárhely, Románia, OGÉT 2018, pp. 484-484
- [4] Wessel W. Wits: *INTEGRATED COOLING CONCEPTS FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS*, PhD Thesis, 4 december 2008