



Konferans Bildirisi

Üçüncü Stop (CHMSL) Lambasında N-1 Kuralının Uygulanması Ve Termal Şartların Yönetilme Teknolojisi

Barış İSPİR^{1*}, Barbaros KURT²

¹ AL-KOR Makine Kalıp San.ve Tic A.Ş., Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0006-1710-0675>,
baris.ispir@al-kor.com.tr:

² AL-KOR Makine Kalıp San.ve Tic A.Ş., Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0009-6579-4175>,
barbaros.kurt@al-kor.com.tr:

* Sorumlu Yazar: baris.ispir@al-kor.com.tr; +90 5342333340

Received 05 November 2024

Received in revised form 22 December 2024

In final form 26 December 2024

4th International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2024)
December 19 - 20, 2024

Reference: İspir, B., & Kurt, B. (2024). Application of the N-1 rule in third stop (CHMSL) and thermal conditions management technology. Orclever Proceedings of Research and Development, 5(1), 616-628.

Özet

Otomotiv elektroniği, araçların performansını, güvenliğini ve kullanıcı deneyimini geliştirmede kritik bir rol oynamaktadır. Son yıllarda teknoloji, otomotiv sektörüne önemli yenilikler getirmiştir. Bu gelişmeler, araç içindeki ve dışındaki donanımların yanı sıra araç-sürücü etkileşimlerini de etkilemiştir.

Geleneksel CHMSL (Center High Mount Stop Lamp) teknolojisinde LED'lerdeki arızalar tespit edilememekteydi, bu da güvenlik risklerine yol açıyordu. Ancak günümüzde, bir LED arızalandığında diğer LED'lerin de kapanması sağlanarak, araçtaki Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU) bu durumu algılayabiliyor ve hata uyarısı verebiliyor. Bu, güvenliği artırırken maliyetleri de düşürmektedir.

Bu çalışmada, CHMSL lambasının dar yapısı nedeniyle LED'ler ve sürücü entegrasyonlarının termal ısı yayılımının düzeltilmesi konusu da ele alınmaktadır. Yeni TERMAL PAYLAŞIM dirençleri teknolojisi, daha iyi bir termal yayılım sağlar. CHMSL lambası kontrolü, araç güvenliği açısından büyük öneme sahiptir ve arıza tespiti ile termal iyileştirmeler, ürün ve trafik güvenliğini artırmaktadır.

Son olarak, bu makale, gelecekteki potansiyel gelişim alanları hakkında önerilerde bulunarak, otomotiv elektroniğindeki bu teknolojilerin önemini vurgulamaktadır. Yenilikçi çözümler ve kullanıcı deneyimine katkıları üzerinde önemli bulgular sunulacaktır.



Anahtar: CHMSL, Üçüncü Stop Lambası, N-1 Kuralı, Güvenlik, Otomotiv Elektroniği, Elektronik Termal Yönetim

Conference Article

Application of The N-1 Rule in Third Stop (CHMSL) and Thermal Conditions Management Technology

Abstract

Automotive electronics play a critical role in enhancing vehicle performance, safety, and user experience. Recent technological advancements have been applied to the automotive sector, leading to significant changes in both in-vehicle and external systems, as well as vehicle-driver interactions.

In the traditional CHMSL (Center High Mount Stop Lamp) technology, faults such as open or short circuits in LEDs could not be detected by the vehicle, which posed safety risks. However, with modern technology, when one LED fails, the others can be made to shut off as well. This allows the vehicle's Electronic Control Unit (ECU) to easily detect a sudden drop in current and alert the driver via an error message. This improves safety while also reducing costs by eliminating the need for diagnostic cables.

This study also addresses the issue of thermal heat dissipation caused by LEDs and driver integrators, which must be placed in the narrow space of the CHMSL lamp's long and narrow physical design. A new technology, THERMAL SHARING resistors, is introduced to improve thermal management. This technology helps achieve better thermal distribution.

CHMSL lamp control is critical for vehicle safety, and developing an effective and reliable control mechanism is essential. Detecting faults and improving thermal management enhances both product and traffic safety. Additionally, the paper explores potential future developments and aims to provide a deeper analysis of the importance of these technologies in automotive electronics. It will present key findings on innovative solutions in the sector and their contributions to user experience.

Keywords: CHMSL, Third Brake Light, N-1 Rule, Safety, Automotive Electronics, Electronic Thermal Management



1. Giriş

Otomotiv elektroniğinde güvenlik ve performans gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle CHMSL (Center High Mount Stop Lamp) lambalarında bir LED'de meydana gelen açık devre veya kısa devre durumu ile tüm LED'lerin devre dışı kalması sağlanmıştır. Bu durum devreden geçen akımda ani ve radikal bir düşüşe neden olur. Aracın Elektronik Kontrol Ünitesi (ECU) bu ani akım düşüşünü kolaylıkla algılayarak hatayı tanımlar ve sürücüye ekran üzerinden bir uyarı mesajı gösterir. Böylece ışık kaybından kaynaklanabilecek olası kazalara karşı hızlı bir şekilde önlem alınmış olunur ve sürücülerin güvenliği sağlanır. Bu bildiride CHMSL lambasındaki bu kritik durumun etkileri ve sistemin güvenliğine olan katkıları incelenecektir.

[1].

2. LED AÇIK ve KISA DEVRE ALGILAMASI

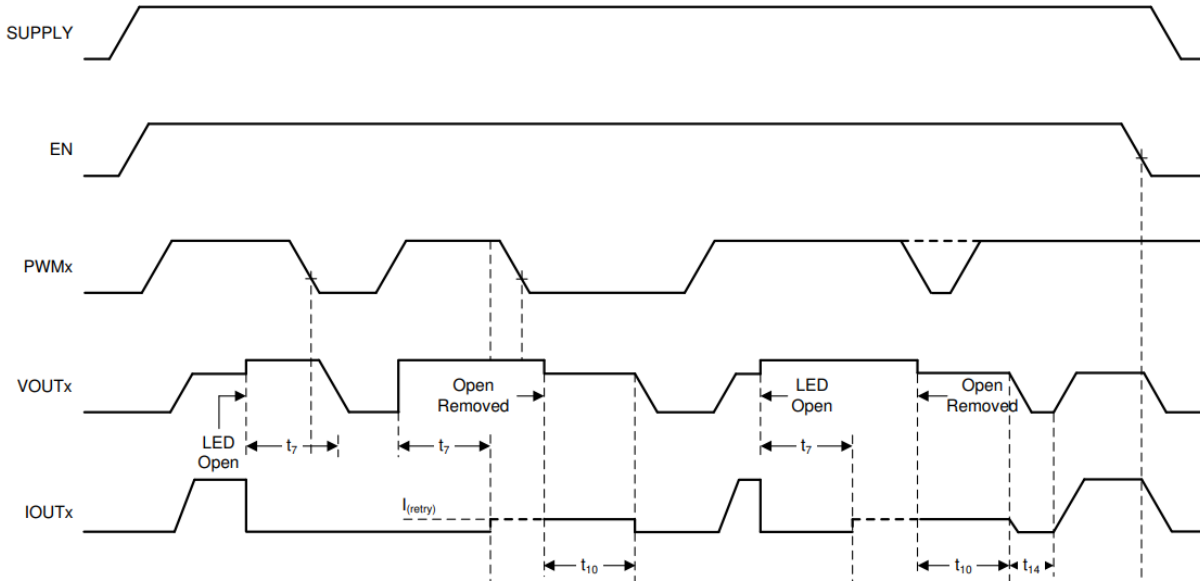
CHMSL LED açık ve kısa devre hatalarını algılayabilmek amacıyla TPS92633 LED sürücüsü kullanılmıştır. TPS92633, üç kanallı bir LED sürücüsüdür ve cihazdaki sıcaklık artışını minimize etmek için benzersiz bir termal yönetim tasarımına sahiptir. Bu sürücü, kanal başına 150 mA'ya kadar akım çıkışı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır ve aracın aküsünden doğrudan beslenebilir. Doğrusal (lineer) bir sürücüdür. Çıkış akımını dengelemek ve termal dağılımı sağlamak amacıyla harici şönt dirençleri kullanılmaktadır. TPS92633 sistem maliyetini düşürmek için LED ünitelerini parlaklık ayarlarını direnç ile ayarlayabilmektedir. Bu sürücünün tam teşhis yetenekleri arasında LED açık devre, LED kısa devre ve tek LED kısa devre gibi arıza tespit fonksiyonları yer almaktadır.

2.1 Hata Algılama Yöntemi

LED açık devre algılaması, akım çıkışı etkinleştirildiğinde çıkış voltajını sürekli kontrol altında tutar. LED açık devre algılaması yalnızca DIAGEN HIGH olduğunda etkinleştirilir. Besleme girişi gerilimi kısa devresi hatası da algılanır ve bir LED açık devre hatası olarak tanınır. TPS92633, PWM HIGH olduğunda her LED kanalı için IN ve OUT pinleri arasındaki düşme voltajı farklarını izler. $V(INx) - V(OUTx)$ voltaj farkı, LED açık devre olayını algılamak için dahili referans voltajı $V(OPEN_th_rising)$ ile karşılaştırılır. $V(OUTx)$ yükseldiğinde, $V(INx) - V(OUTx)$ $V(OPEN_th_rising)$ voltajından daha az olduğunda ve $t(OPEN_deg)$ arıza giderme süresinden daha uzun sürdüğünde, aygıt bir açık devre hatası olduğunu iddia eder. Bir LED açık devre arızası algılandığında, dahili sabit akım emici FAULT pin voltajını aşağı çeker. Arıza giderme zaman periyodu sırasında, $V(OUTx)$ düştüğünde ve $V(INx) - V(OUTx)$ $V(OPEN_th_falling)$ değerinden daha büyük olduğunda, arıza giderme zamanlayıcısı sıfırlanır. TPS92633, LED açık devre arızası algılandıktan sonra arızalı kanal için çıkış akımı düzenlemesini kapatır. DIAGEN girişi mantıksal Yüksek olduğunda cihaz SUPPLY'den OUT'a küçük bir akım $I(Retry)$ sağlar. Arıza durumu

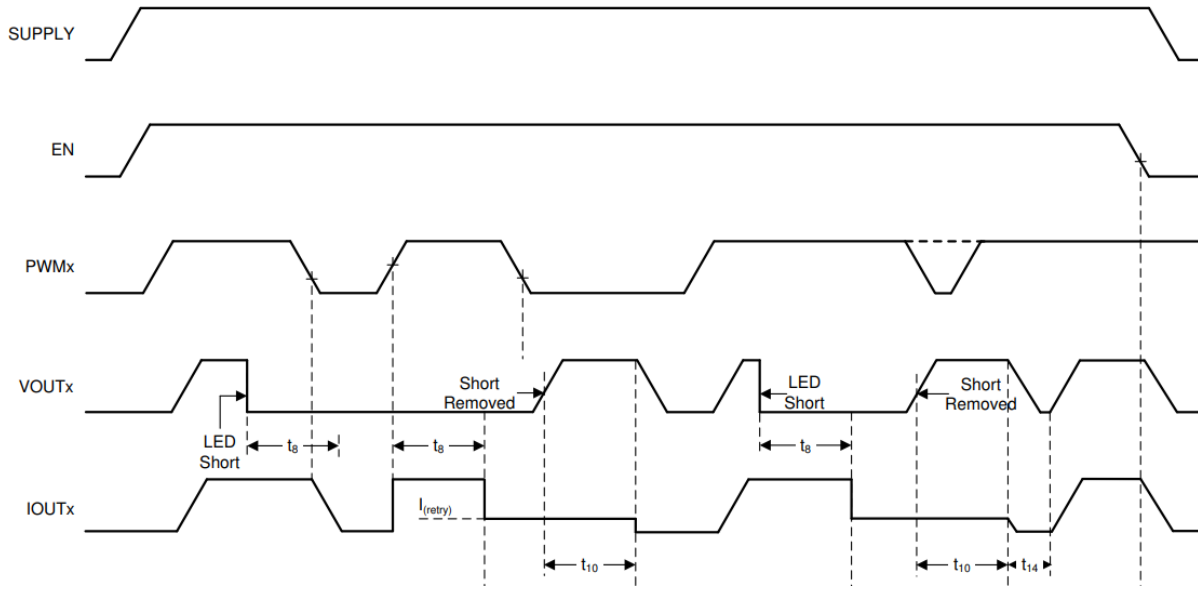
giderildiğinde, cihaz normal çalışmasına devam eder ve FAULT pinini serbest bırakır. Şekil 7-8, LED açık devre algılama, koruma, yeniden deneme ve kurtarma için zamanlamayı göstermektedir.

LED sürücü üzerinde 3 adet çıkış bulunmaktadır. Her bir çıkışa 2 adet LED seri olarak bağlanmaktadır. Bu LED'lerden herhangi birinin **açık devre** olması durumunda sürücü korumaya girecek ve tüm LED'leri kapatacaktır. Bu senaryonun osiloskop görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Led Açık Devre Koruması

LED sürücü üzerinde 3 adet çıkış bulunmaktadır. Her bir çıkışa 2 adet LED seri olarak bağlanmaktadır. Bu LED'lerden herhangi birinin **kısa devre** olması durumunda sürücü korumaya girecek ve tüm LED'leri kapatacaktır. Bu senaryonun osiloskop görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 6. Led Kısa Devre Koruması

3. ELEKTRONİK DEVRE KARTI

Tasarımı yapılan devrede, otomotiv standartlarına uygun bir LED sürücü kullanılmıştır. Bu LED sürücü, TPS92633, Texas Instruments tarafından üretilen bir LED sürücü entegresidir. Genellikle otomotiv uygulamalarında, özellikle arka aydınlatma ve stop lambası sistemlerinde kullanılır. İşte bu LED sürücü hakkında bazı temel bilgiler:

1. **İşlevsellik:** TPS92633 yüksek akım sürüş kapasitesine sahip olup, LED'leri kontrol etmek için tasarlanmıştır. Genellikle birden fazla LED modülünü beslemek için kullanılır.
2. **Dahili Özellikler:** Entegre, akım kontrolü, sıcaklık koruma, kısa devre koruması ve diğer güvenlik özellikleri gibi işlevlerle donatılmıştır. Bu sayede LED'lerin güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar.
3. **Çalışma Şartları:** Geniş bir giriş voltajı aralığına sahiptir, bu da farklı otomotiv sistemlerine uyum sağlama imkânı verir. Genellikle 6V ile 40V arasında çalışabilir.
4. **Hedef Uygulamalar:** TPS92633, özellikle otomotiv aydınlatma sistemlerinde, CHMSL, arka stop lambaları ve iç mekân aydınlatmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.
5. **Verimlilik:** Yüksek verimlilik sunarak, enerji kayıplarını minimize eder ve bu da aracın genel enerji yönetimini iyileştirir.

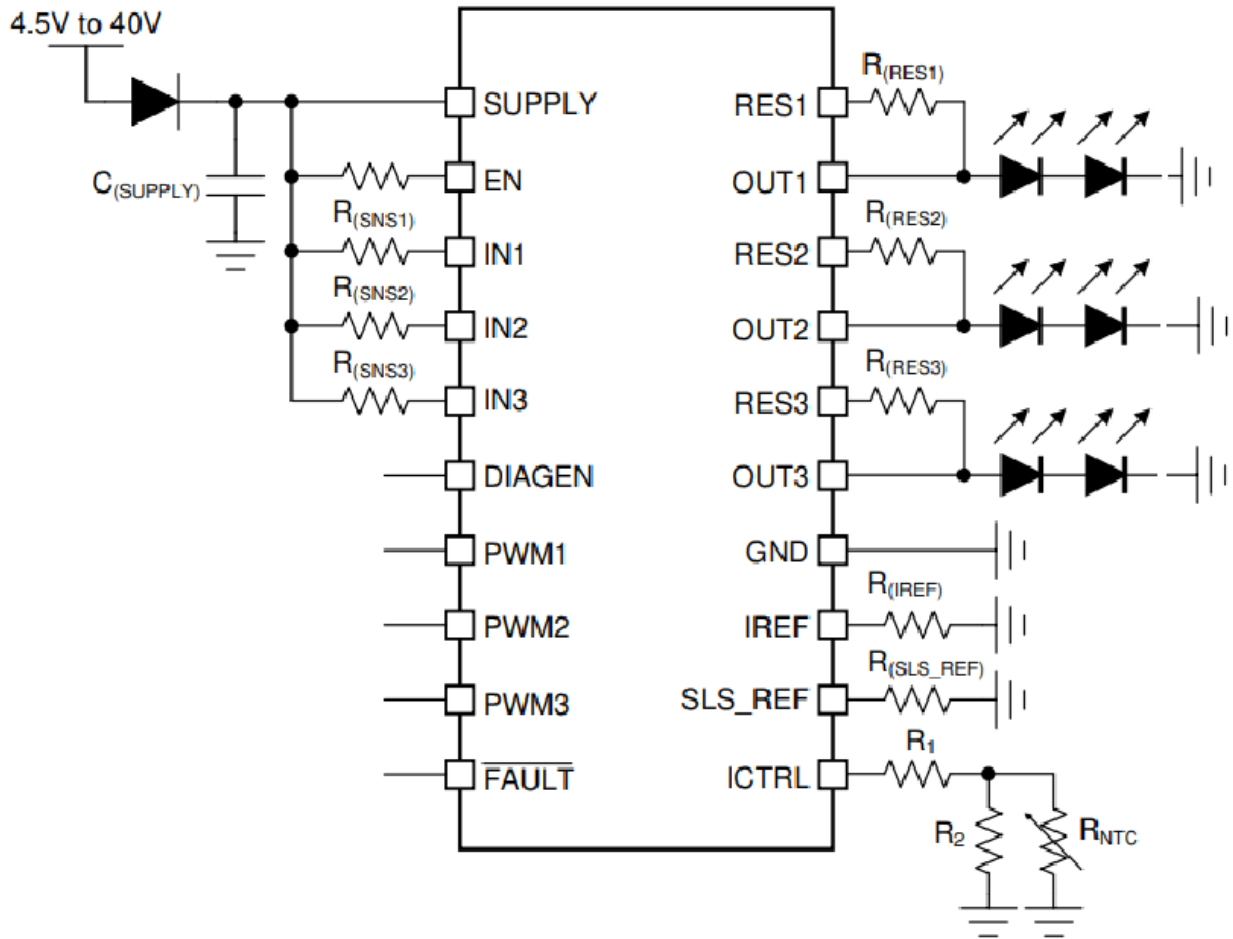
Maliyet etkinliği tasarım sürecinde önemli bir kriter olarak dikkate alınmıştır. Ekonomik bir tasarım yaklaşımıyla birlikte, sistemin gelecekteki geliştirmelere ve entegrasyonlara açık olması hedeflenmiştir. Bu sayede mevcut sistemde yapılacak güncellemelerle performans iyileştirilebilecek ve CAN-Bus veya LIN-Bus gibi yeni özelliklerle kullanıcı deneyimi daha da zenginleştirilebilecektir. Geliştirilen devre güvenilirlik ve işlevsellik açısından belirlenen

beklentileri karşılamaktadır. Bu sayede otomotiv sektöründe kapasitif dokunmatik çözümler için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Bu bütüncül yaklaşım, otomotiv elektroniği alanında yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

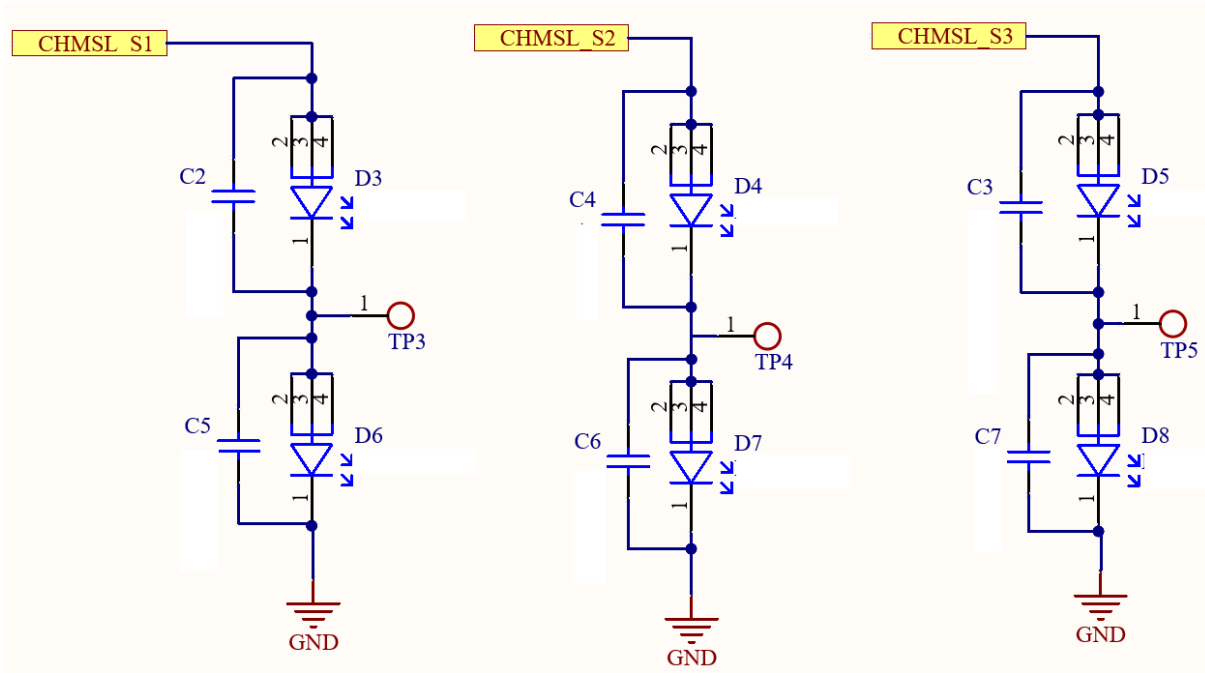
Geliştirilen elektronik kart, toplam üç ana birimden oluşmaktadır:

- Giriş filtre ve koruma devreleri,
- 3 kanallı LED sürücü IC,
- 6 LED

Termal soğutma yöntemi olarak, çift yüzü 2 OZ kalınlığındaki 70 mikron PCB bakır yüzey ve alüminyum soğutucu kullanılarak ısı dağılımı gerçekleştirilmiştir; bu, kartın güvenilirliğini ve kullanım ömrünü önemli bir miktarda artırmaktadır.



Resim 1. LED Sürücü ve Çevre Bileşenleri



Resim 2. LED dizileri



Şekil 3. PCB katmanları



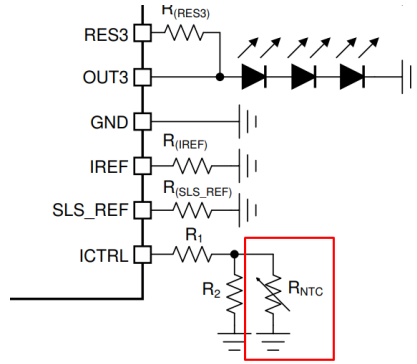
Şekil 4. PCB 3D görüntüsü

4. ELEKTRONİK KARTIN GÜÇ TÜKETİMİ ve TERMAL GEREKSİNİMLERİ

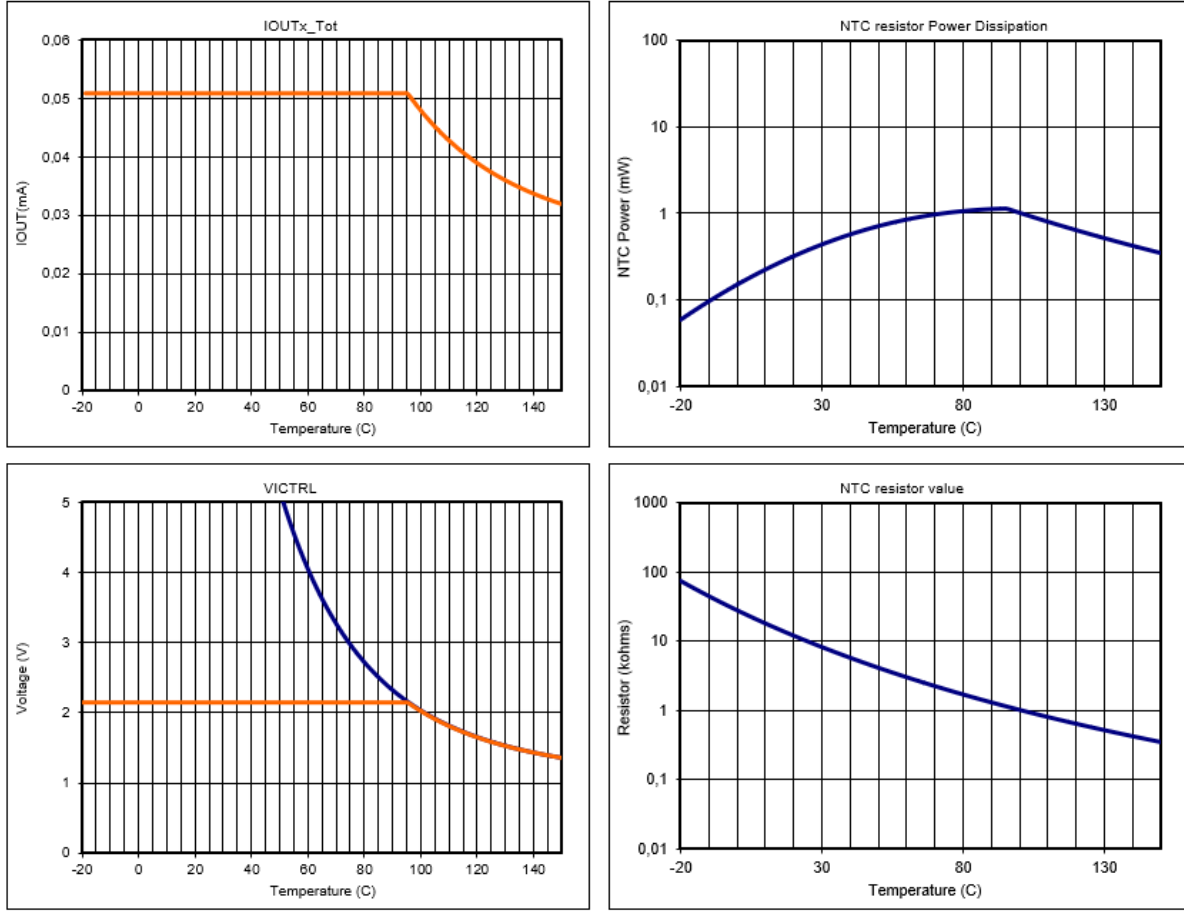
Geliştirilen elektronik kartın güç tüketimi, birimlerin toplam akım ve güç değerleri üzerinden hesaplanmıştır.

CHMSL LED'leri için toplam akım, 3 kanal x 2 seri LED'in her birinin 50 mA çekmesiyle hesaplandığında, maksimum 150 mA'ye ulaşmaktadır. Bu LED'lerin toplam gücü ise, 6 adet LED x 50 mA x 3.2V formülüyle 5.12 W olarak belirlenmiştir. Her bir LED için harcanan güç ise 0.115 W olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, entegre devre (IC) üzerinde 0.246 W güç harcanmaktadır.

Tasarlanan elektronik kart küçük bir fiziksel alana sahip olmasından ve LED'lerin tükettiği güç tüketiminden kaynaklı yapılan termal analizler sonucunda NTC kullanılmasına karar verilmiştir. Termal olarak uygun olmayan bir LED kartının ısısını yönetmek için NTC (Negative Temperature Coefficient) termistörleri kullanmak oldukça etkili bir yöntemdir. NTC termistörleri, sıcaklık arttıkça dirençleri düşen bileşenlerdir, bu da onları sıcaklık izleme ve kontrol amaçlı kullanmak için ideal hale getirir. NTC termistörleri, genellikle belirli bir sıcaklık aralığında direnç değişikliği gösterir. LED kartınızın çalışma sıcaklık aralığına uygun bir NTC termistör seçmek önemlidir. Seçilen NTC termistörünün sıcaklıkla birlikte direnç değişim karakteristiği, LED kartındaki sıcaklık artışını doğru bir şekilde algılamamızı sağlar. Yani, sıcaklık arttıkça direnç değeri düşen bir NTC termistörü seçmek, LED kartının sıcaklığını izlerken doğru tepki almanızı sağlar. NTC termistöründen alınan direnç değerini sıcaklığa çevirmek için bir voltaj bölücüsü devresi kurulur. NTC'nin direnci, sıcaklık arttıkça azalır. Voltaj bölücüsü kullanarak, bu direnç değişimini bir gerilim değişimine dönüştürebiliriz. Tipik bir voltaj bölücüsü devresi, NTC termistörünü bir dirençle seri bağlayarak gerilim ölçümü yapılabilir. NTC'nin direnç değeri sıcaklıkla orantılı olarak değişeceğinden, voltaj bölücüsünden elde edilen voltaj, sıcaklık bilgisi sağlar.



Şekil 5. NTC devresi

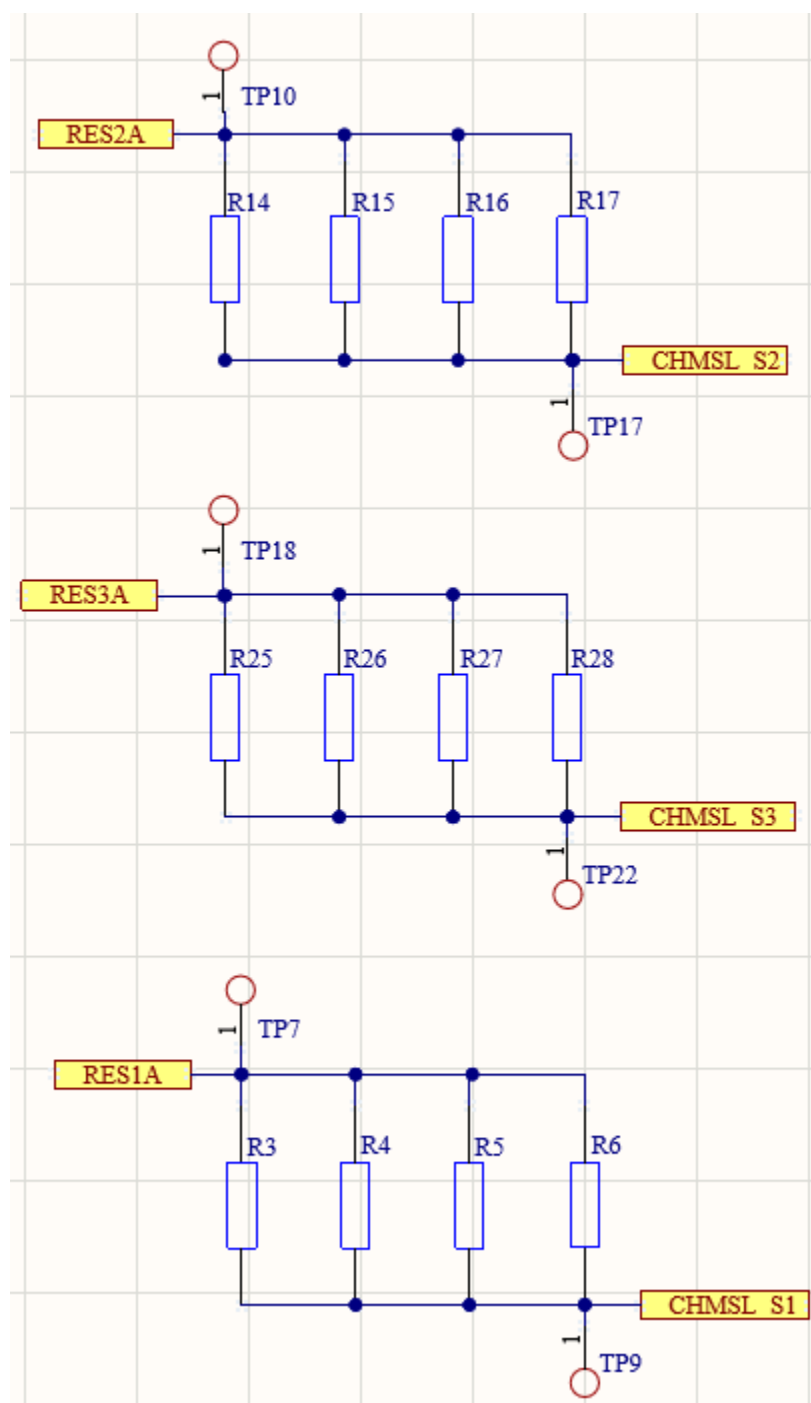


Şekil 6. NTC devresi ile sıcaklık/akım değişimi

5. TERMAL PAYLAŞIM DİRENÇLERİ KULLANIMI

TPS92633 LED sürücüsü, her kanal için iki bağımsız akım çıkışı yolu sağlar. Akım, besleme voltajından R(SNSx) direnç üzerinden entegre akım düzenleme devresine, ardından OUTx pini ve RESx pini aracılığıyla LED'lere doğru akar. OUTx ve RESx pinlerindeki akım çıkışı, toplam gerekli akım çıkışını elde etmek için bağımsız olarak düzenlenir. OUTx ve RESx'in toplam akımı, kanal içindeki R(SNSx) direnç üzerinden geçen akıma eşittir. OUTx, LED yükünün anoduna doğrudan seri bağlanırken, RESx, harici bir direnç aracılığıyla LED'lere bağlanır. Bu, güç dağılmasını paylaşarak TPS92633'teki termal birikimi azaltmaya yardımcı olur.

TPS92633'deki entegre bağımsız akım düzenlemesi hem OUTx hem de RESx çıkışlarındaki akımı dinamik olarak ayarlayarak LED için kararlı toplam akımı korur. TPS92633, RESx pinine mümkün olduğunca fazla akım düzenler ve RESx akım yolu doygunluğa ulaşana kadar, gereken geri kalan akım OUTx üzerinden düzenlenir. Sonuç olarak, SUPPLY ve LED arasındaki toplam ileri voltaj farkı yüksek olduğunda, akımın çoğu RESx pini üzerinden LED'e gider. Tersine, SUPPLY ve LED arasındaki voltaj farkı düşük olduğunda, akımın çoğu OUTx pini üzerinden LED'e gider.





6. Sonuçlar

Bu çalışmada geliştirilen ürün N-1 kuralına uygun bir CHMSL (Centre High-Mounted Stop Lamp) devresidir ve otomotiv elektroniği alanında önemli bir yeniliği bünyesinde barındırmaktadır. Kullanılan LED sürücüler ve diğer bileşenler otomotiv standartlarına uygun olarak tasarlanmış ve yüksek güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak için optimize edilmiştir. Otomotiv elektroniğinde güvenlik, etkin maliyet ve sistemin gelişmeye açık olması kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda geliştirilen devre güvenilirlik ve işlevsellik açısından yüksek standartları karşılamış ve bu sayede otomotiv sektöründe benzer aydınlatma ürünleri için sağlam bir temel oluşturmuştur. Bunun bir çıktısı olarak, firma bünyesindeki benzer ürün ve sistemlerin bu teknoloji ile güncellenmesi sağlanmıştır.

Ayrıca, geliştirilmiş termal yönetim çözümleri ile sistemin ısı performansını optimize edilmiştir. LED kartlarının etkin termal yönetimi ile aşırı ısınmanın önüne geçilmiştir. Bu sayede LED'lerin ömrü uzatılmış ve sistemin güvenli çalışmasını sağlanmıştır.

Bu bütüncül yaklaşım, otomotiv elektroniği alanında yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmayı mümkün kılmakta ve sektördeki rekabet avantajını artırmaktadır. Böylece hem kullanıcı memnuniyeti hem de sistem güvenliği açısından önemli kazanımlar elde edilmektedir.

7. Tartışma

N-1 Kuralının Uygulaması:

- Çalışmada, **N-1 kuralı, CHMSL (Üçüncü Stop Lambası)** sistemlerinde güvenilirliği artıran temel bir faktör olarak incelenmiştir. Bu kural, sistemdeki bir bileşenin arızalanması durumunda, diğer bileşenlerin devreye girerek güvenliğin sağlanmasını garanti altına alır. Bu sayede, otomotiv güvenliğini artıran önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

Termal Paylaşım Direnç Teknolojisi:

- **Termal Paylaşım Direnç Teknolojisi**, stop lambalarının ısınma problemini çözmek amacıyla geliştirilmiş önemli bir iyileştirme yöntemidir. Bu teknoloji, sistemdeki ısıyı daha etkin bir şekilde dağıtarak ısınma noktasındaki yoğunluğu azaltır. Özellikle, elektrikli bileşenlerin ısınma sorunu otomotiv aydınlatma sistemlerinde kritik bir sorun oluşturduğundan, termal paylaşım direnci, bu



bileşenlerin ısınmasını dengeleyerek sistemin uzun süre verimli çalışmasına olanak sağlar.

Isı Dağılımı ve Soğutma Verimliliği:

Termal paylaşım direnci, ısıyı bileşenler arasında eşit şekilde paylaştırarak, belirli noktalarda aşırı ısınmanın önüne geçer. Bu iyileştirme, özellikle fren ışıği sistemlerinde sürekli kullanım sırasında oluşan aşırı ısının, stop lambalarının zarar görmesini engelleyerek sistemin güvenilirliğini artırır. Ayrıca, bu teknolojinin uygulandığı sistemlerde soğutma verimliliği önemli ölçüde iyileşir.

Malzeme Seçimi ve Isıya Dayanıklı Özellikler:

Termal paylaşım direncini artıran malzemeler, sistemin ısıya karşı dayanıklılığını önemli ölçüde artırmıştır. Bu bağlamda, ısıya dayanıklı malzemeler ve soğutma bileşenleri tasarımda kritik bir rol oynamaktadır. Isı iletkenliği yüksek malzemelerin kullanımı, sistemdeki ısının daha eşit bir şekilde yayılmasını sağlar, böylece sıcaklık dalgalanmaları engellenir ve sistemin aşırı ısınma nedeniyle zarar görmesi önlenmiş olur.

Isı Stresi Azaltma:

- Termal paylaşım direnci, sistemdeki ısı stresini azaltır, bu da lambanın ömrünü uzatır ve arıza oranlarını minimize eder. Özellikle, aşırı ısınma nedeniyle meydana gelen erime ve deformasyon gibi sorunlar, bu teknoloji sayesinde büyük ölçüde engellenmiştir.

Gelecek Çalışmalara Yönelik Öneriler:

- Gelecek araştırmalarda, termal paylaşım direnci teknolojisinin farklı otomotiv sistemlerinde daha da geliştirilmesi ve optimize edilmesi gerektiği söylenebilir. Bu teknolojinin, özellikle yeni nesil LED aydınlatma sistemlerinde kullanılması, performans artışı sağlayacaktır. Ayrıca, soğutma sistemlerinin tasarımına yönelik daha inovatif çözümler geliştirilmeli, bu teknolojilerin maliyet-etkinliğini artırmak için yeni malzemeler ve yöntemler üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.



8. Teşekkür

Firmamız AL-KOR'a projede sağladıkları her türlü destek için teşekkür ederiz. Yine firmamızın AR-GE Genel Müdür Yardımcısı Erol Divanyan'a, özellikle projeye sağladığı yönlendirmeler ve stratejik kararlarla bu çalışmanın başarıyla tamamlanmasına büyük katkı sağladığı için teşekkür ederiz.

AR-GE Ekibimizden; Selin Paker, Faikcan Alış ve Sercan Marazyan'a sağladıkları teknik ve idari yardımlar için minnettarlığımı sunuyorum.

Referanslar

- [1] Texas Instruments. (2021). "TPS92633Q Data Sheet." Texas Instruments. Erişim: Texas Instruments
- [2] Charles M. Farmer, Effectiveness estimates for center high mounted stop lamps: A six-Year Study: Science Direct
- [3] K. S. Wong and Y. T. Yang. (2020). "Effectiveness of Center High Mount Stop Lamps on Traffic Safety." *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, vol. 72, pp. 84-91. DOI: 10.1016/j.trf.2020.04.002
- [4] M. H. K. L. Tan and C. J. L. Lee. (2019). "A Study on the Visibility of Center High Mount Stop Lamps in Various Weather Conditions." *International Journal of Automotive Technology*, vol. 20, no. 3, pp. 553-561. DOI: 10.1007/s12239-019-0054-7
- [5] D. A. S. Silva, A. M. B. Araújo, and R. L. S. Nascimento. (2021). "Analysis of LED Technology in CHMSL Applications." *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 25-33. DOI: 10.1016/j.jtte.2020.10.001