



**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI
TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ DE INGINERIE ELECTRICĂ**

REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT

**Cercetări cu privire la dezvoltarea unui nou sistem de
iluminare pentru autovehicule**

Coordonator științific

Prof. Dr. Ing. SERIȚAN George-Călin

Doctorand:

Ing. RAICU Costel-Ciprian

BUCUREȘTI

2023

Cuprins

MULȚUMIRI.....	1
INTRODUCERE.....	1
CAPITOLUL 1. PERSPECTIVE ȘI ASPECTE ESENȚIALE ASUPRA SISTEMELOR DE ILUMINAT PENTRU AUTOVEHICULE	2
1.1 Surse de iluminat.....	3
1.1.1 Becuri cu filament	3
1.1.2 Becuri fluorescente	5
1.1.3 Becuri cu descărcare de mare intensitate.....	6
1.1.4 LED-uri.....	6
1.2 Constrângeri și metodologii ale arhitecturii electrice pentru sistemul de iluminat.....	9
1.2.1 Dimensionările cablajelor.....	9
1.2.2 Tipologii de comandă și control	10
1.2.3 Tipologii de drivere	16
1.3 Reglementări ECE și ISO.....	18
1.4 Cerințe de validare	20
1.4.1 Compatibilitate electromagnetică	20
1.4.2 Fiabilitate.....	23
1.4.3 Componente – AEC-Q.....	26
1.4.4 Funcționale.....	28
CAPITOLUL 2. ARHITECTURILE ECHIPAMENTELOR DE ILUMINAT	30
2.1 Arhitecturi electrice și electronice de control	30
2.1.1 Control analogic al sarcinilor de iluminat.....	30
2.1.2 Control mixt al sarcinilor de iluminat.....	32
2.1.3 Control digital al sarcinilor de iluminat	34
2.2 Design optic	39
2.2.1 Elemente optice pentru faruri.....	40
2.3 Rețele de alimentare ale unui autovehicul.....	43
CAPITOLUL 3. SOLUȚII ACTUALE ȘI OPTIMIZĂRI PENTRU ARHITECTURA SISTEMELOR DE ILUMINAT	45
3.1 Structura și arhitectura farurilor	45
3.2 Structura și arhitectura lămpilor spate.....	47
3.3 Perspective de optimizare	47
3.4 Modele de arhitectură.....	49

3.4.1	Metoda de control distribuită	50
3.4.2	Metoda de control centralizată pe domeniu	51
3.4.3	Metoda de control centralizată pe vehicul	51
3.5	Optimizări de arhitectură	52
3.5.1	Soluții adaptive pentru arhitectura rețelelor de 12 V	52
3.5.2	Soluții adaptive pentru arhitectura rețelelor de 48 V	56
3.5.3	Soluții adaptive pentru arhitectura mixtă	57
3.6	Beneficii și constrângeri.....	59
CAPITOLUL 4. ARHITECTURĂ, FUNCȚIONALITATE ȘI MANAGEMENTUL PROIECTĂRII.....		60
4.1	Arhitectură și amplasare	60
4.2	Maparea și funcțiile distribuite	63
4.2.1	Funcția de iluminat pentru poziție	63
4.2.2	Funcția iluminatului pentru stop.....	64
4.2.3	Funcția de semnalizare.....	68
4.2.4	Funcțiile de iluminat pentru ceață	72
4.2.5	Funcția pentru luminile de drum	75
4.2.6	Funcția pentru luminile de întâlnire.....	77
4.2.7	Observații	79
4.3	Modelul de management al proiectării.....	79
CAPITOLUL 5. ANALIZA ȘI OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE ILUMINAT CU AJUTORUL PROGRAMULUI MATLAB-SIMULINK		83
5.1	Modelarea soluțiilor existente pentru lămpile de iluminat cu ajutorul programului Matlab... 83	83
5.1.1	Modelare cu tensiune de alimentare fixă de 12V	83
5.1.2	Modelare cu tensiune de alimentare variabilă	93
5.1.3	Modelarea și comportamentul sistemului sub acțiunea unui defect al sarcinii	102
5.2	Optimizări pentru sistemul de iluminare cu ajutorul programului matlab	107
5.2.1	Optimizarea topologiei de control pentru sarcinile de iluminat frontal.....	107
5.2.2	Optimizarea arhitecturii de control.....	114
CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE		125
C 1.	Concluzii.....	125
C 2.	Contribuții personale.....	126
BIBLIOGRAFIE		127

Cuvinte cheie: LED, randament electric, sisteme de iluminat, arhitectura electrică, managementul dezvoltării.

MULȚUMIRI

În primul rând doresc să îi mulțumesc domnului Prof. George C. Serișan (coordonatorul tezei), pentru sprijinul și ajutorul acordat pentru întreaga perioadă a tezei, prin recomandările făcute și discuțiile purtate, sfaturile oferite și încurajările date, în această perioadă.

Mulțumiri sincere dnilor Prof. Sorin Grigorescu și lect. Bogdan A. Enache pentru asistența oferită de-a lungul tezei, pentru suportul și discuțiile ce au culminat în articolele desprinse din prezenta teză.

Mulțumesc dnilor. Ing. Marian Dolhascu, Manager departament SW la Continental Iași și Ing. Aurel Milea, leader echipă, pentru suportul și înțelegerea acordată pe parcursul tezei.

Mulțumiri speciale către părinții mei, Daniel Raicu și Vasilica Raicu, pentru partenera mea de viață, Ana-Maria Bîscoveanu și surorii mele Alexandra Raicu, pentru înțelegere, sprijin și în special pentru răbdare.

Mulțumiri tuturor persoanelor care m-au sprijinit și m-au înțeles în această perioadă, dar care nu au fost cuprinși în aceste rânduri.

INTRODUCERE

Lucrarea prezentă intitulată „Cercetări cu privire la dezvoltarea unui nou sistem de iluminare pentru autovehicule” este structurată în trei părți, având scopul de a îmbina elementele de arhitectură și de sistem ale echipamentelor de iluminat destinate pentru uzul în autovehicule, cu simularea numerică pentru strategiile de control.

În prima parte a lucrării realizez analiza literaturii de specialitate în care descriu elementele constituente pentru echipamentele de iluminat și contextul în care acestea sunt proiectate, validate și utilizate, fiind un subiect de actualitate. Pe baza cercetărilor efectuate, constat o creștere a interesului atât personal, cât și din industrie, pentru modelarea numerică a strategiilor de comandă și control, în contextul eficientizării tehnologiilor utilizate pentru diferite lămpi de iluminat. Astfel de-a lungul tezei am creat modele numerice pornind de la strategiile conceptuale prezente în realitate, utilizând și experiența de proiectant din acest domeniu. Modelarea unor topologii realiste, sau a unor structuri de sistem și arhitecturale sunt obținute din cercetare și din experiența adunată din proiectarea acestor sisteme. Cu observațiile menționate, în cea de-a doua parte descriu metodele numerice utilizate pentru stabilirea unui model de referință realist, ulterior implementând în ultima parte a lucrării îmbunătățirile și optimizările aduse.

În cea de-a treia parte prezint mai multe cazuri realizate cu ajutorul modelării numerice și validez strategiile și optimizările prin comparația cu modelele generice și profilele analitice existente în literatura de specialitate pentru a observa cum anumiți parametri electrici (tensiunea, curentul, topologia de control, amplasarea LED-urilor, etc.) influențează comportamentul acestor sisteme. Concluziile pentru fiecare studiu analizat fiind prezentate în final, alături de contribuțiile originale.

CAPITOLUL 1.

PERSPECTIVE ȘI ASPECTE ESENȚIALE ASUPRA SISTEMELOR DE ILUMINAT PENTRU AUTOVEHICULE

Odată cu apariția autovehiculelor, începând cu anul 1886 și până în prezent, sistemele de iluminat ale acestora au permis desfășurarea în condiții de siguranță a traficului rutier, asigurând securitatea participanților la trafic și a pietonilor. În acest timp iluminatul autovehiculelor a trecut printr-o reală evoluție, de la cele clasice, pe bază de combustibil fosil, până la complexe sisteme de iluminat actuale, pe bază de LED-uri cu un design modern, flexibile și eficient energetic.[1-4]

Producătorii de autovehicule sunt într-o competiție agresivă pentru a satisface piața cu cele mai inovative tehnologii. Calitatea componentelor utilizate în autovehicule este cea care primează, sistemele de iluminat fiind cele mai atent concepute pentru o percepție estetică atrăgătoare și fiabilitate ridicată. Sistemele de iluminat utilizează comenzi analogice între utilizator (conducătorul auto) și componentele ce generează fascicule luminoase, ori comenzi digitale, precum rețele de comunicare, CAN sau LIN. Componente de tip LED, OLED și LASER generează fascicule luminoase, acestea fiind parte integrată ori satelit cu unitățile de control și comandă de tip CC/CC (DC/DC), liniare sau LDO. Evoluția sistemelor de tip ADAS înseamnă pentru autovehicule conducerea în absența factorului uman, componentele de iluminat stând la baza designului acestora și oferind tuturor participanților la trafic vizibilitatea necesară. [3-9]

În vederea reducerii emisiilor de CO₂ și atingerii nivelurilor preconizate pentru acestea, arhitecturile electrice și electronice capătă o complexitate tot mai accentuată coroborată cu un înalt nivel de autonomie. Prin utilizarea în cadrul sistemelor de iluminat exterior a LED-urilor în locul becurilor[10], contribuie la obținerea unei eficiențe ridicate a raportului Lm/W (lumeni per watt) raportat la durata de viață și costul acestora, reducând și amprenta emisiilor de carbon.

Sistemele de iluminat ce echipează autovehiculele pot fi grupate în trei categorii, după cum urmează:

- a) sisteme și componente de iluminat dedicate pentru zona frontală;
- b) sisteme și componente de iluminat dedicate pentru zona spate;
- c) sisteme și componente de iluminat dedicate pentru habitacul.

La nivelul zonelor de iluminat întâlnim:

- sisteme și componente de iluminat ce utilizează becuri;
- sisteme și componente de iluminat ce utilizează tehnologii semiconductoare de tip LED, OLED și laser (doar pe zona frontală);
- sisteme și componente de iluminat de tip hibrid, ce utilizează becuri și tehnologii semiconductoare;
- sisteme de iluminat cu arhitecturi de control avansate:
 - prin utilizarea magistrelor de comunicații și unități de control dedicate pentru fiecare lampă / arhitecturi orientate pe sisteme de tip ADAS;
 - sisteme orientate pe starea utilizatorului (doar pe zona de habitacul).[8,11,12]

Dezvoltarea continuă a acestor sisteme de iluminat cunoaște o flexibilizare tot mai accentuată, precum și un nivel superior al calității și al fiabilității, ceea ce asigură o satisfacție sporită

conducătorilor auto. Modelele de management al concepției și al dezvoltării pentru sisteme destinate autovehiculelor sunt mixte sau orientate pe domeniu. Dintre acestea, APQP sau VDI sunt utilizate pentru controlul calității în fazele de proiectare, concepție și fabricație, utilizând adițional Lean sau 6σ . O hibridizare între metodologii, precum APQP și Lean sau Lean și 6σ , pe partea de proces. Pentru proiectarea și dezvoltarea software, metodele precum Agile și ASPICE ori adaptări ale acestora cu metodologiile existente din zona de proiectare și management în industria autovehiculelor. [12-16]

Cerințele pentru autovehiculele ce urmează să ajungă pe piață, nevoile exprimate ale potențialilor clienți, tendințele la nivel global etc. influențează direct designul și dezvoltarea componentelor și a surselor de iluminat ce vor echipa viitoarele autovehicule. De aceea, se impune stabilirea inițială a unor obiective strategice și de design încă din faza de concept, ținând seama de numeroasele constrângeri și considerente interdisciplinare. Pentru validarea capabilităților și a calității acestora, înainte de a fi dezvoltate și verificate, următoarele considerente sunt analizate pentru a stabili nevoile produsului:

- tipul surselor de iluminat dorite:
 - Becuri incandescente ori cu gaze rare;
 - Semiconductori – LED, OLED, Laser;
- arhitectura și tipul de sistem:
 - dimensionarea cablajelor;
 - tipologii de control și comandă;
 - tipologii de drivere;
- nevoi de validare:
 - Compatibilitate Electromagnetică;
 - Fiabilitate și rezistență;
 - conformitate cu – AEC-Q;
 - Produs și funcționalitate la nivel de sistem și vehicul
- reglementări:
 - pentru sistemele de iluminat - ECE;
 - pentru siguranță – ISO.

CAPITOLUL 2.

ARHITECTURILE ECHIPAMENTELOR DE ILUMINAT

Lămpile de iluminat utilizate pe autovehicule au o diversitate mare din punctul de vedere al strategiei de comandă și al rețelei de alimentare în funcție de designul dorit și al complexității funcțiilor dorite.

Alimentarea acestor componente este realizată în contextul actual cu o rețea de 12 V pentru vehiculele care au motor pe bază de combustie internă. Pentru unele autovehicule de tip hibrid sau electrice rețeaua de alimentare variază în funcție de brand și strategie între 12 V și 120 V, sau chiar mai mari de 120 V [23, 31]. Alimentarea componentelor de iluminat se face indirect, prin intermediul altor unități de comandă și protecție astfel încât acestea sunt protejate de diferitele variații ale rețelei electrice și de posibile defecte, cum ar fi scurtcircuiturile. Alimentarea și distribuția electrică în vehicul se face pe baza cadrajelor energetice pentru a evita suprasolicitări ale liniilor de alimentare, acestea fiind protejate cu fuzibile sau de componente semiconductoare de protecție și control, cum ar fi SMART-FET-urile, sau fuzibile electronice care odată cu dispariția defectului revin la condiții normale de funcționare, așa cum și distribuția electrică revine în parametri nominali. Fiecare lampă poate avea una sau mai multe linii de alimentare, această strategie depinzând de constrângerile de securitate și redundanțele asociate.

Primele arhitecturi și strategii de comandă pentru sistemele de iluminat au utilizat comenzi filare, elementele de comandă și control pentru activarea sau dezactivarea acestora fiind efectuată prin întrerupătoare și rele. Pentru optimizarea rețelei electrice și reducerea numărului de fire, dar și pentru a avea un număr mare de funcții sau proprietăți funcționale, a fost necesară migrarea către o rețea de comunicare serială pentru reducerea numărului de fire necesare.

2.1 ARHITECTURI ELECTRICE ȘI ELECTRONICE DE CONTROL

Producătorii de autovehicule au identificat, pentru succesul produselor lor, arhitectura și proiectarea din timp a strategiilor ce urmează a fi utilizate, ca fiind o cerință imperativă. Înafara cerințelor de cablaje, strategia de control, este cel mai critic pas al proiectării autovehiculului, deoarece oferă strategia de bază pentru care unitățile de control vor fi proiectate. În continuare, pentru sistemele de iluminat, prezint strategiile identificate.

2.1.1 Control digital al sarcinilor de iluminat

Pentru sistemele de iluminat utilizate pe autovehicule, din dorința de a diminua greutatea cablajului, dar și de a crește complexitatea și numărul de funcții pentru acestea, a fost adoptată rețeaua de comunicare cu magistrală serială. În funcție de nivelul de echipare și de numărul de funcții dorite pe vehicul, magistrala poate fi de tip LIN, CAN-LSFT sau CAN-HS. Trecerea de la rețeaua de comandă filară la cea cu magistrală de comunicare este posibilă doar în cazul sursei de iluminat cu LED-uri, deoarece acestea vin cu drivere dedicate, iar integrarea comunicației seriale este mult mai ușor de realizat.

Sistemele de tip ADAS împreună cu sistemul de iluminat au creat baza sistemelor de iluminat adaptabile care folosesc camera centrală a autovehiculului pentru recunoașterea obstacolelor, iar lămpile pot stinge anumite sectoare de iluminat pentru a evita orbirea participanților la trafic. Integrarea sporită a echipamentelor electronice este de asemenea benefică pentru aplicațiile de

iluminat exterior. Senzorii și datele aferente colectate pot fi procesate pentru funcții avansate de iluminare. Un exemplu clar este utilizarea camerei pentru iluminarea de înaltă rezoluție, unde camera este folosită pentru a detecta vehiculele din sens opus al direcției de deplasare [68]. Orientarea senzorilor utilizați pentru echipamentele de iluminat este reprezentată în Fig. 2.1.

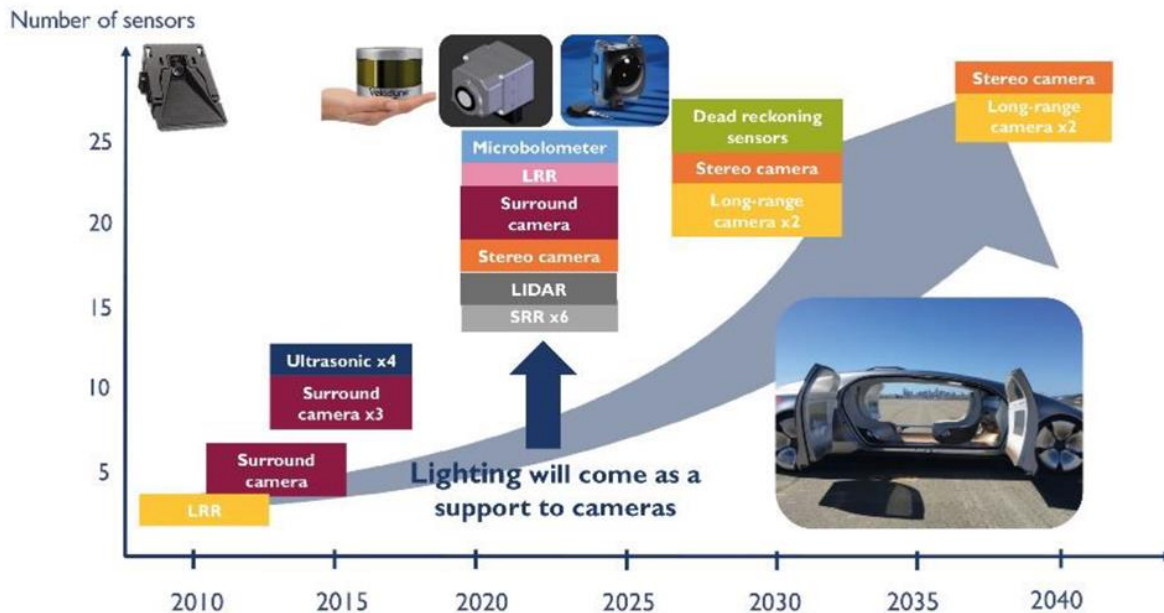


Fig. 2.1. Senzori în vehiculele autonome - maparea tehnologiei[68]

Camera centrală a autovehiculului procesează imaginile și informează prin intermediul rețelei de comunicare driverul lămpii, acesta decide distribuția optică optimă astfel încât să evite strălucirea sau orbirea participanților la trafic, putând schimba în mod automat între lumina de întâlnire și cea de drum. În Fig. 2.2 este reprezentată strategia de control al luminilor inteligente din sistemul ADAS.

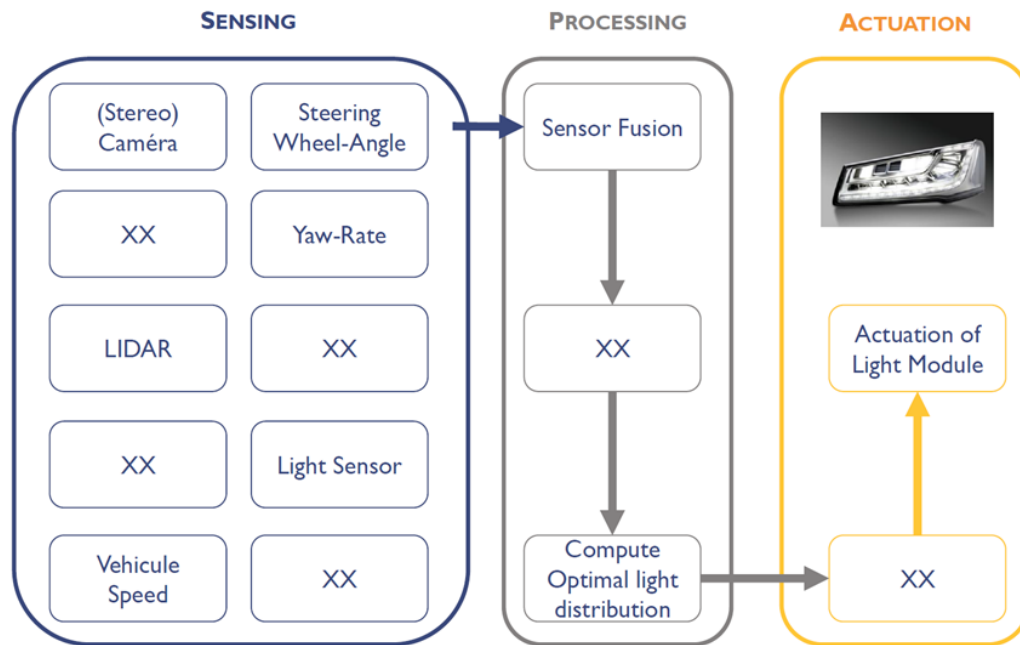


Fig. 2.2. Interacțiunea sistemului ADAS cu iluminatul frontal [69]

Sistemele de iluminare frontală adaptivă, definite în ECE/324-R123, sunt „un dispozitiv de iluminat, care oferă grinzi cu caracteristici diferite pentru adaptarea automată la diferite condiții de utilizare a fazei scurte (lumină de trecere), dacă se aplică, ca fază lungă (lumină de drum) cu un conținut minim funcțional; astfel de sisteme constau în „controlul sistemului“, unul sau mai multe „dispozitive (dispozitive de alimentare și operare), dacă este cazul, și „unitățile de instalare“ din partea dreaptă și din partea stângă a vehiculului“ (ECE/324, ediția 122: *Regulamentul nr. 123*) [70]. Sistemul adaptiv de iluminare frontală (AFS) este o parte a sistemului de siguranță activă al unei mașini de pasageri de talie medie, oferind o vizibilitate optimă șoferului pe timpul nopții și în orice alte condiții reduse de vizibilitate prin adaptarea unghiului farului și a intensității fluxului luminos, precum și prin evaluarea vitezei, a unghiului volanului, a condițiilor meteo și a vitezei de deviație și de înclinare a mașinii [36, 38, 71].

Funcțiile sistemului adaptiv de iluminare frontală, cu distribuția optică reprezentată în Fig. 2.3, sunt [36, 38, 71]:

- lumina de trecere pentru oraș (clasa V): la viteze sub 50 km/h, lumina de trecere pentru oraș asigură o distribuție mai largă a luminii la rază redusă, ajutând șoferii să vadă mai clar pietonii de la marginea drumului;
- lumina de trecere pentru comune/de bază (clasa C): lumina de bază luminează mai luminos și mai larg marginile din stânga și dreapta ale drumului decât faza convențională. De obicei, este activată la viteze cuprinse între 50 și 100 km/h.
- lumina de trecere pentru autostradă (clasa E): lumina de trecere pentru autostradă îmbunătățește vizibilitatea, de la 100 km/h, aceasta iluminează semnificativ drumul înainte și se concentrează pe marginea din stânga sa. Ea este activată în mod automat pentru viteze mai mari de 100 km/h;

- lumina de trecere pentru drum umed (clasa W): aceasta este activată atunci când senzorul de ploaie detectează precipitații sau dacă ștergătoarele de parbriz sunt activate timp de 2 minute ori mai mult. Marginile drumului sunt mai puternic iluminate pentru o mai bună orientare către liniile de ghidare;

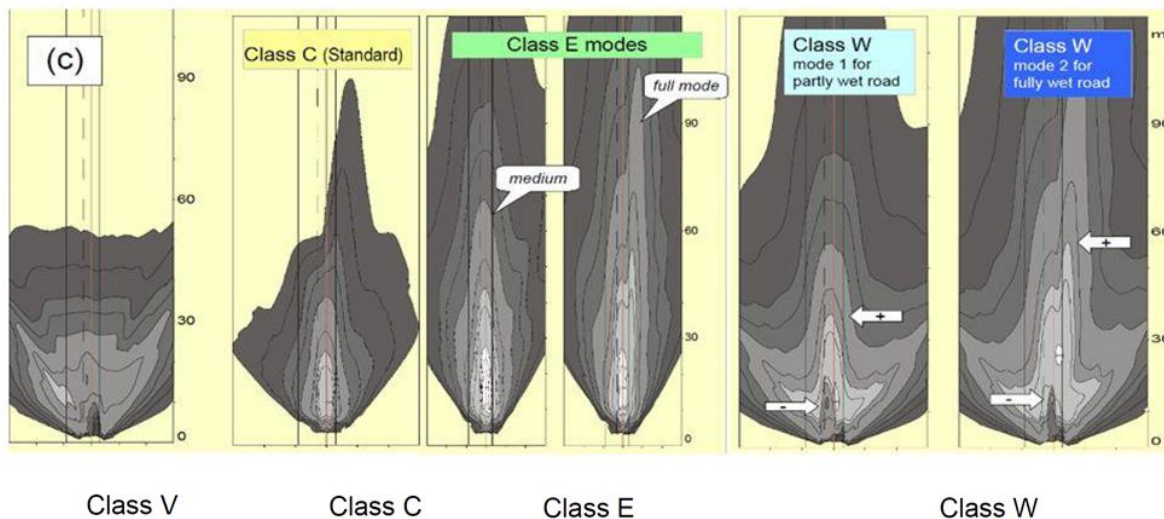


Fig. 2.3. Modurile de iluminare [71]

- lumină pentru viraje de tip statică: lămpile de viraje de tip statică ajută în timpul manevrelor pe drumurile de acces întunecate. Pentru o viteză sub la 40 km/h, o lumină de viraj suplimentară se aprinde atunci când indicatorul este acționat sau când volanul se întoarce cu aproximativ 90° spre dreapta sau spre stânga [36, 38, 71].

Pivotarea dinamică și nivelarea unghiului optic pentru lămpi:

- nivelare: AFS ajustează direcția farului (proiectorului) vertical în funcție de senzorii de înălțime față și spate. Reglarea unghiului de pas al farului în funcție de transferul sarcinii statice a vehiculului (număr de ocupanți, bagaje) se numește *nivelare statică*, în timp ce reglarea unghiului pasului farului în funcție de transferul dinamic al încărcării vehiculului (accelerare, decelerare) este cunoscută drept *nivelare dinamică*;
- rotire: AFS rotește farurile orizontal, judecând intrarea de la senzorul unghiului de direcție și viteza mașinii. Sistemul oferă o curbă de până la 15°, iar obstacolele devin mai ușor vizibile [36, 38, 71].

Toate sistemele de iluminat inteligente necesită o arhitectură complexă pentru propriul ecosistem astfel încât în integralitate funcțiile dorite pot fi funcționale cu un nivel foarte ridicat al preciziei și al performanțelor din punctul de vedere al timpilor de reacție. Structura conceptuală a rețelei de comunicare pentru toate componentele vehiculului, pentru sistemul adaptiv de iluminare frontală, este prezentată în Fig. 2.4. Poziția senzorilor din vehicul sunt conectați la unitatea centrală de control (BCM) prin magistrala CAN sau LIN. Senzorii de șasiu față și spate detectează înălțimea vehiculului și sunt conectați de cele mai multe ori prin LIN, CAN-HS sau analogic la BCM. În funcție de tipul de arhitectură electrică, precum arhitectura distributivă sau cea zonală, informațiile

despre unghiul de poziție al vehiculului sunt transferate către BCM de un alt calculator, de exemplu, gateway.

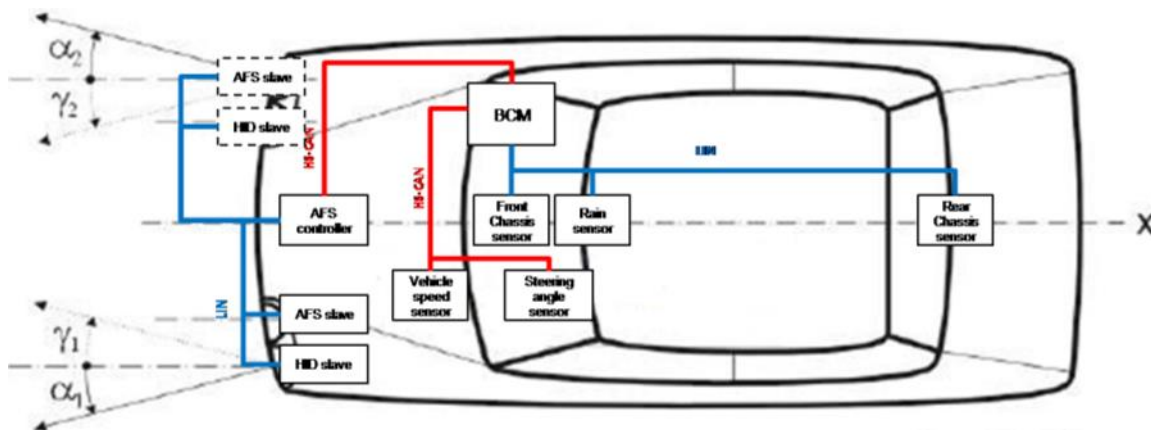


Fig. 2.4. Structura rețelei de comunicare pentru echipamentele de iluminat[71]

Senzorii de ploaie sunt de obicei implementați în subsistemul pentru curățarea parbrizului sau în sistemul de confort; aceștia, uzual sunt interconectați pe o magistrală de tip LIN și trimit informațiile achiziționate despre condițiile ambientale exterioare către BCM, masterul LIN. În Fig. 2.4 este ilustrată această conexiune.

Senzorul de viteză și cel al unghiului de direcție al vehiculului sunt localizați și conectați la sistemul de propulsie al vehiculului prin CAN-HS, deoarece este critic pentru alte sisteme precum frânarea, iar magistrala CAN oferă asigurarea comunicării și plauzibilitatea informației.

Arhitectura sistemelor de iluminat migrează către integrarea a cât mai multor funcții direct în lampă, depinzând în același moment de informațiile disponibile pe magistrala de comunicare. La nivel de sistem, echipamentele de iluminat consumă informații disponibile din alte sisteme sau subsisteme, ceea ce determină eficientizarea costurilor și a funcțiilor instalate, singurul risc ce trebuie mitigat fiind uneori viteza de răspuns. Avem acestea ilustrate în Fig. 2.5.

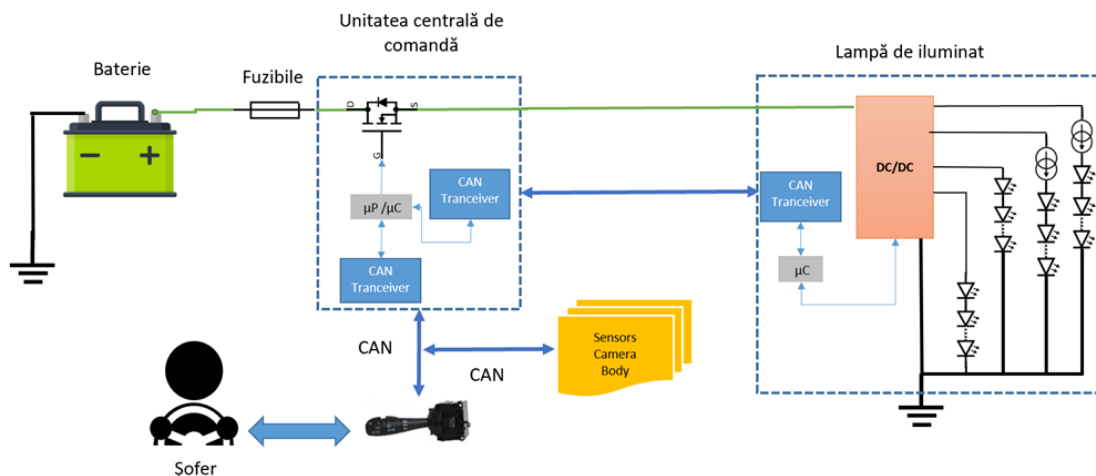


Fig. 2.5. Comandă lămpi cu unitate centrală de comandă, protecție și magistrală CAN

Limitările farurilor adaptive tradiționale au determinat dezvoltarea sistemelor de iluminat cu LED-uri dispuse într-o topologie de tip matrice, care oferă iluminare frontală inteligentă și control dinamic prin adaptarea fazei de întâlnire ca răspuns la schimbarea condițiilor de conducere. Sistemele de faruri cu matrice LED au o inginerie sofisticată, având la bază un principiu de funcționare simplu prin controlul digital al pixelilor ce creează fasciculul luminos. Intensitatea luminii este controlată dinamic și precis prin reglarea factorului de umplere al PWM-ului dedicat fiecărui pixel, dimmabilitate oferă acestor module o versatilitate foarte ridicată astfel încât pot fi utilizate și la proiectarea unor imagini pe asfalt sau animații [36, 38, 72].

Farurile LED și topologia matricială cuprind o multitudine de drivere LED asamblate într-un modul comun, fiecare driver LED fiind echipat cu un circuit dedicat pentru controlul variabil al intensității luminoase și al comutării on/off. Utilizarea reflectoarelor și/sau a lentilelor permite modulelor LED să ofere un număr mare de variații în distribuția optică fără a fi nevoie de un mecanism de pivotare mecanic. Topologia matricială împarte fasciculul luminos de putere în mai multe subfascicule, care sunt controlate independent, iar LED-urile de mare putere au o eficiență și o densitate superioară a fluxului luminos, permițând controlul fasciculului, în combinație cu o temperatură de culoare substanțial mai ridicată (în jur de 6000 K), care reduce oboseala sau stresul optic al șoferului. În Fig. 2.6 este redat exemplul unui far cu matrice LED și diferitele funcții realizate de către vehiculul Audi A8; lumina LED împachetează o putere luminoasă mare, fără a ocupa mult spațiu în ansamblul farurilor și fără a consuma multă energie electrică [36, 38, 72].

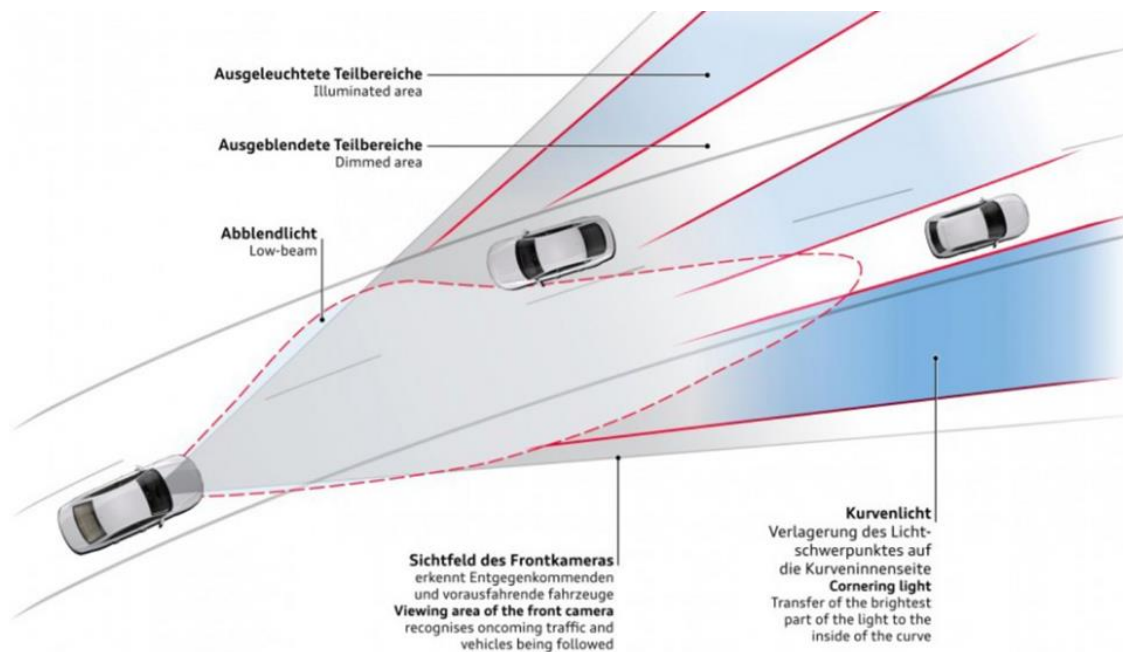


Fig. 2.6. Audi A8 - Far cu matrice LED[72]

Tehnologia cu matrice LED Matrix prezintă un interes din ce în ce mai mare pentru producătorii de automobile și de piese auto, precum: Audi, BMW, Mercedes-Benz, Opel, Volvo, Varroc, Hella și Bosch. Audi și Hella au introdus recent farurile cu rezoluție înaltă și matrice LED, care integrează 32 de LED-uri mici, controlabile individual, dispuse în două rânduri. Reducerea în

64 de etape permite matricii LED cu rezoluție înaltă să creeze milioane de modele ale proiecției luminoase, sistemul cu fază de drum folosind informațiile video de la camera frontală, sistemul de navigație și alți senzori pentru a oferi o iluminare avansată inteligentă și precisă.

Lămpile spate utilizează tehnologia cu matrice LED, adoptată din dorința de stilizare, dar fără un rol activ sau dinamic precum farurile. Ele au un necesar de energie scăzut și nu consumă informații de la camera video ori unghiul vehiculului. O posibilă soluție arhitecturală de la Texas Instruments este reprezentată în Fig. 2.7. Lămpile spate conțin animații dinamice pe semnalizări și poziții atunci când vehiculul nu este în mișcare; stopurile și lămpile de ceață în cele mai multe cazuri nu sunt utilizate pentru animații datorită constrângerilor de siguranță, dar și a reglementărilor.

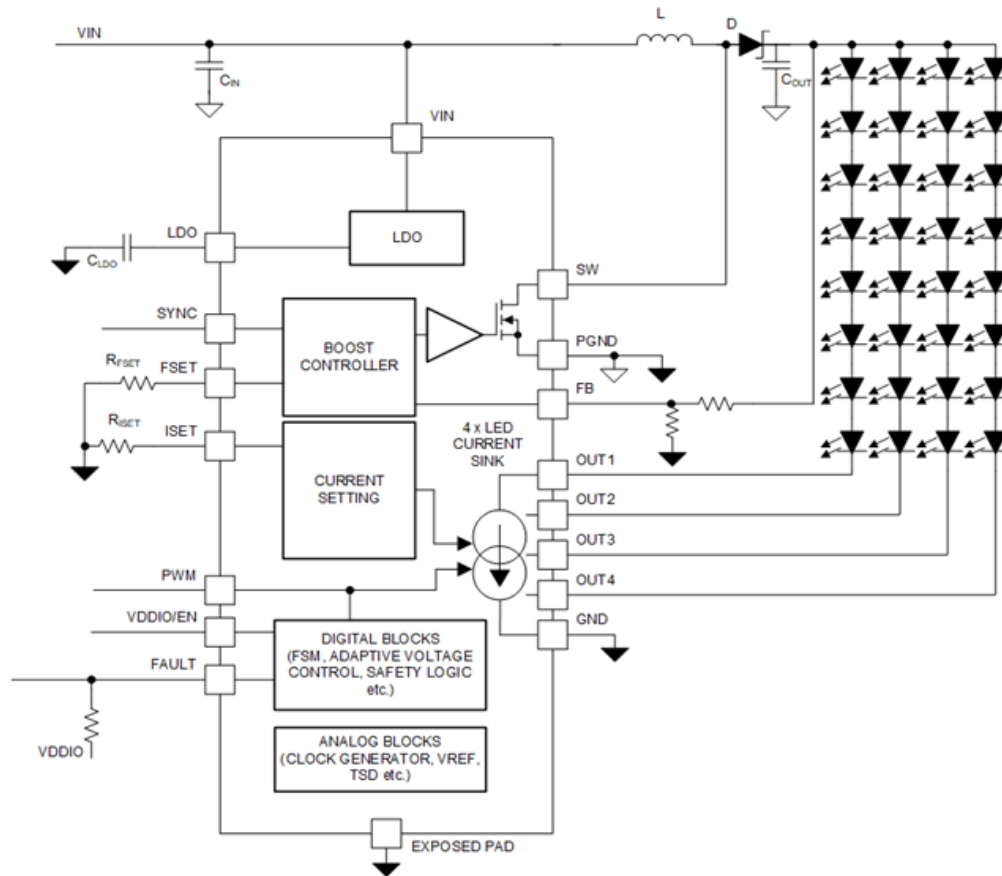


Fig. 2.7. Soluție TI de pilotare a LED-urilor pentru lămpile spate[73]

2.2 DESIGN OPTIC

Elementele sistemului de iluminat, generează forma și personalitatea autovehiculului. Designul optic al elementelor de iluminat ține atât de stilistica unităților optice dar și de capacitatea acestora de a fi conforme cu reglementările ECE. Pentru atingerea normelor de reglementare, atât pentru sursele de iluminat cu LED cât și cu bec, se utilizează reflectoare,

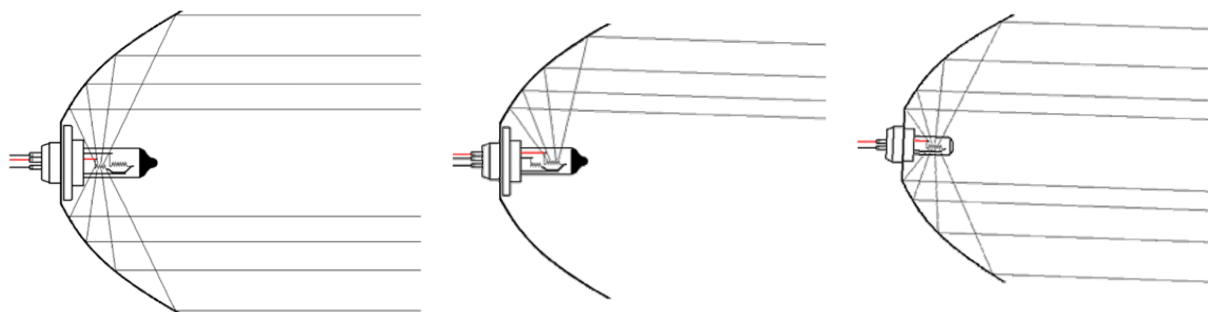
pentru a concentra fasciculul luminos, către o zonă mediană, în continuare detaliez tipurile și structura reflectoarelor optice.

2.2.1 Elemente optice pentru faruri

Lămpile frontale au o diversitate extinsă din punctul de vedere al funcționalității, ele putând fi împărțite în:

- lumina/lampă de poziție (-*engl.*: *dim lights*);
- lumini/lămpi principale;
- lămpi adiționale;
- lămpi de ceață/proiectoare;
- lămpi de rezervă.

Din punctul de vedere al sistemului, lămpile frontale pot avea două sau patru surse de iluminat pe fiecare parte a autovehiculului. O arhitectură a lămpilor frontale cu un număr diferit de surse de iluminat pe bază de becuri e reprezentată în Fig. 2.8.



a) Ilustrație lampă principală;

b) Ilustrație lampă de poziție;

c) Ilustrație mono-sursă de iluminat

Fig. 2.8. Design optic al reflectorului[74]

În scopul îmbunătățirii dispersiei luminoase generate de sursele de iluminat, în practică se folosesc reflectoare pentru a genera o arie luminoasă cât mai mare[74, 75, 76]. Aceste tipuri de reflectoare pot fi de mai multe tipuri:

- reflectoare de tip parabolă – Fig. 2.9
- reflectoare de tip free-form – Fig. 2.10
- reflectoare de tip Super-DE – Fig. 2.11

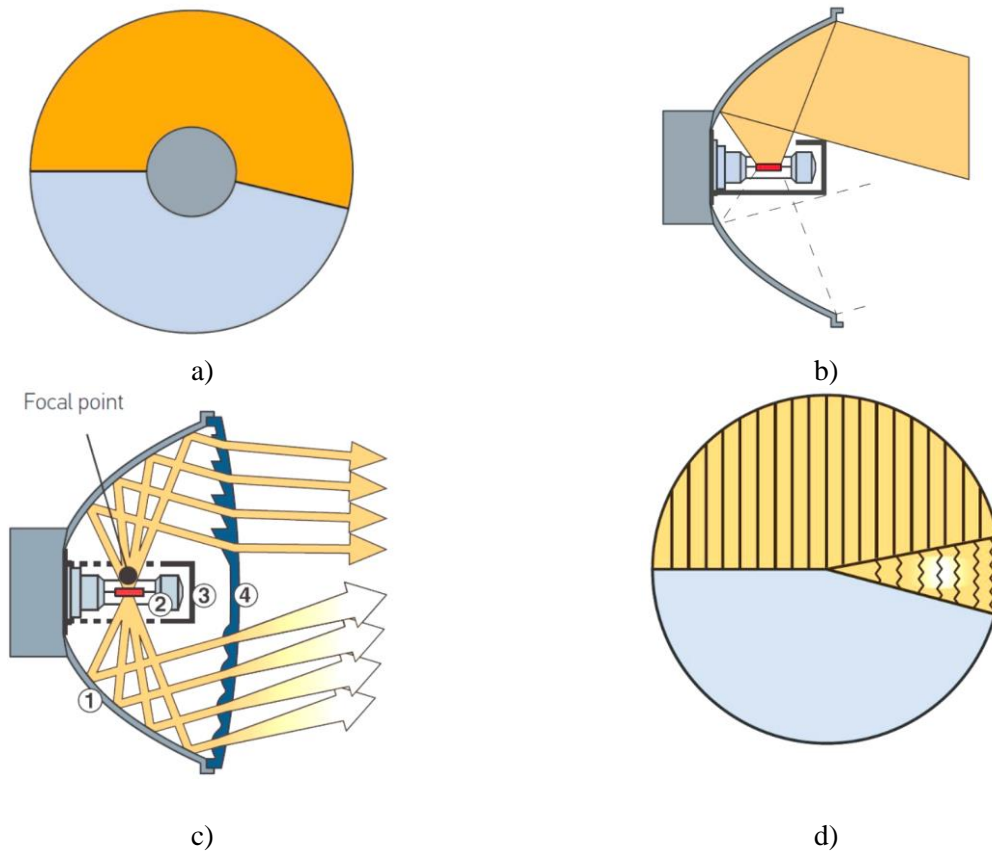
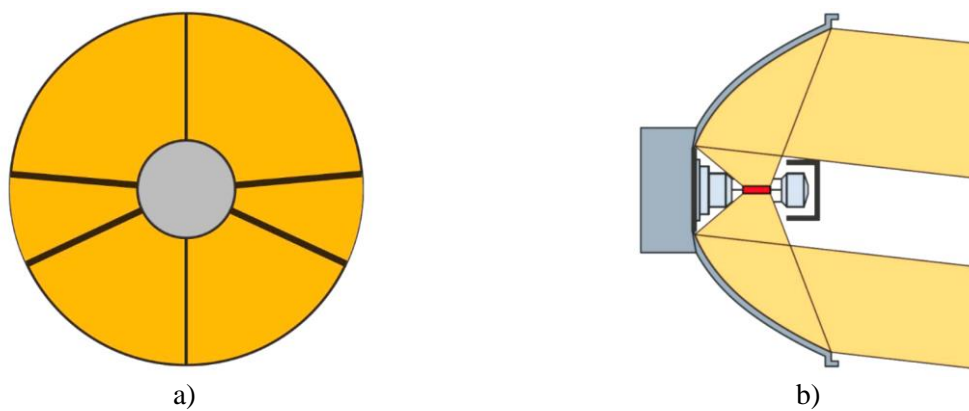


Fig. 2.9. Reflector de tip parabolă:

a) Suprafața reflectivă – vedere din față; b) Reflexia luminii pe drum – vedere din lateral; c) Deflexia luminii prin prisme și alte elemente ale lentilelor (1 – reflectorul, 2 – becul, 3 – protecția becului, 4 – lentila) – vedere de sus; d) Distribuția tipică luminoasă pentru faza de drum pe lentilă – vedere din față
[76]



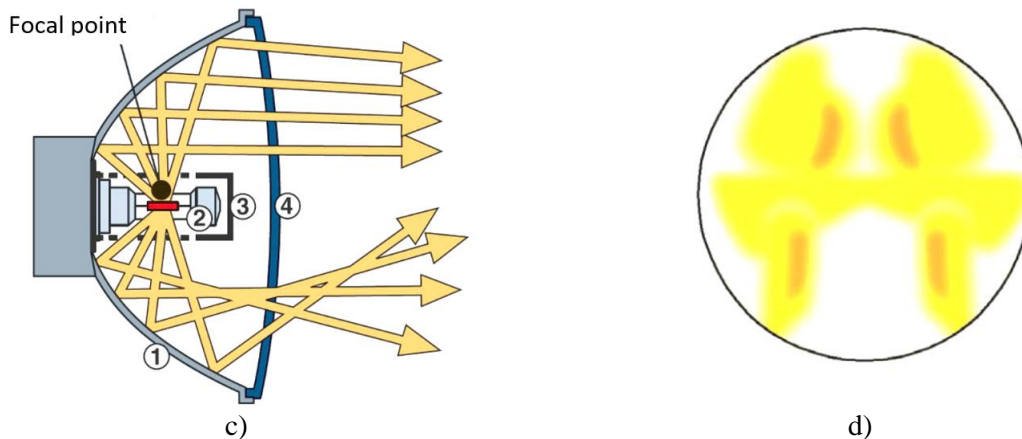


Fig. 2.10. Reflector de tip free-form:

- a) Suprafața reflectivă împărțită pe segmente – vedere din față; b) Reflexia luminii pe drum – vedere din lateral; c) Deflexia luminii prin prisme și alte elemente ale lentilelor (1 – reflectorul, 2 – becul, 3 – protecția becului, 4 – lentila) – vedere de sus; d) Distribuția tipică luminoasă pentru faza de drum pe lentilă – vedere din față [76]

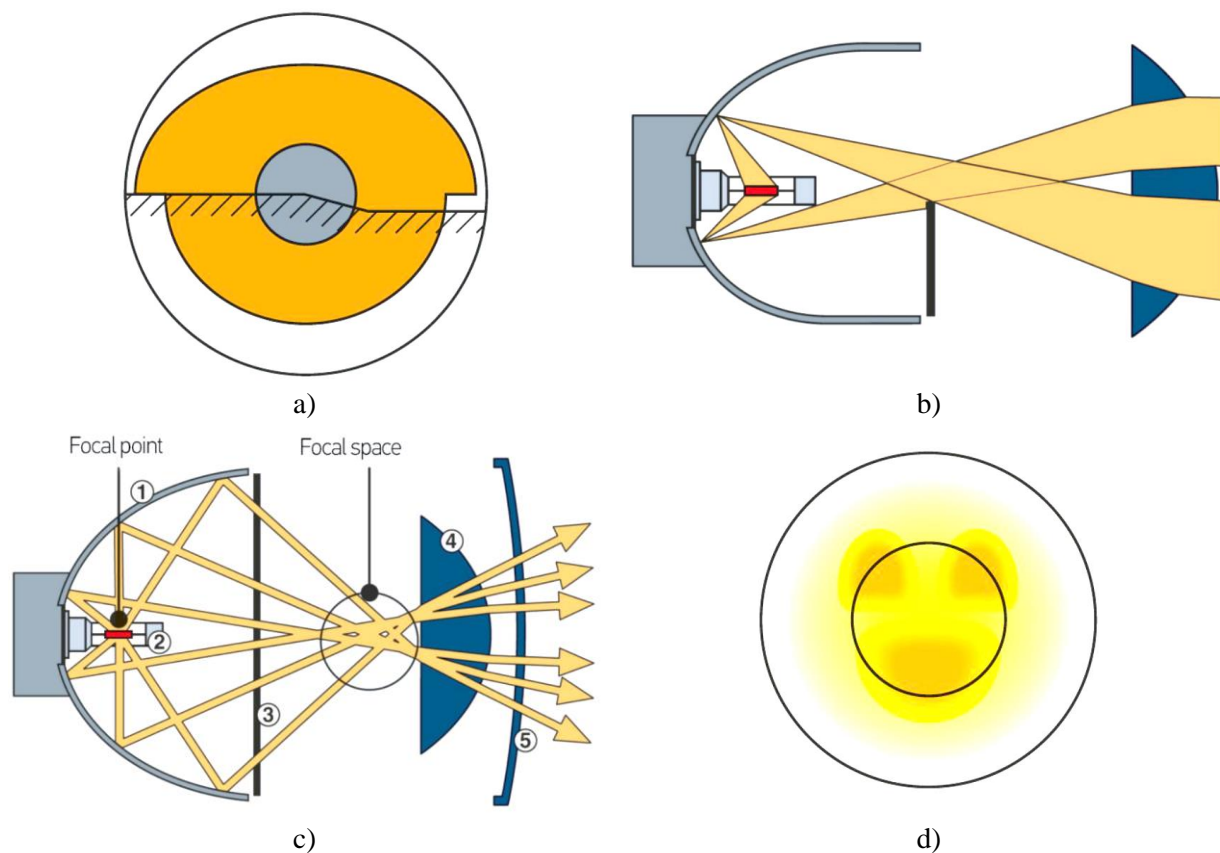


Fig. 2.11. Reflector de tip super-DE:

- a) Suprafața reflectivă și protecție – vedere din față; b) Reflexia luminii și modul de generare a luminii pe drum – vedere din lateral; c) Direcția luminii și concentrarea acesteia (1 – reflectorul, 2 – becul, 3 – protecția becului, 4 – lentila, 5 – protecția lentilei) – vedere de sus; d) Distribuția tipică luminoasă pentru faza de drum pe lentilă – vedere din față [76]

Reflectoarele și tehnologia lor joacă un rol important în calitatea și distribuția optimă a fasciculelor de lumină. Distribuția fasciculelor de lumină este definită în normele de reglementare conform cu ECE R48[77]. Eficiența surselor de iluminat este impactată de prezența reflectoarelor, dar rolul lor este incontestabil pentru atingerea nevoilor reglementare [78], în Tabel 2.1 fiind rezumat acest aspect conform celor trei tipuri de reflectoare menționate anterior.

Tabel 2.1. Eficiența reflectoarelor în funcție de gradul de utilizare a luminii generate de bec pentru fasciculul luminos dorit[76]

Reflector	Parabolă	Free-form	Super-DE
Lumină utilizată cu success [%]	27	45	52

CAPITOLUL 3. SOLUȚII ACTUALE ȘI OPTIMIZĂRI PENTRU ARHITECTURA SISTEMELOR DE ILUMINAT

3.4 MODELE DE ARHITECTURĂ

Controlul și funcționalitatea vehiculelor este legată de arhitectura electrică, electronică și software, iar managementul acestora definește eficiența și numărul de funcții pe care le poate susține. Fiecare arhitectură are beneficii și dezavantaje; aceste arhitecturi sunt reprezentate în Fig. 3.1.

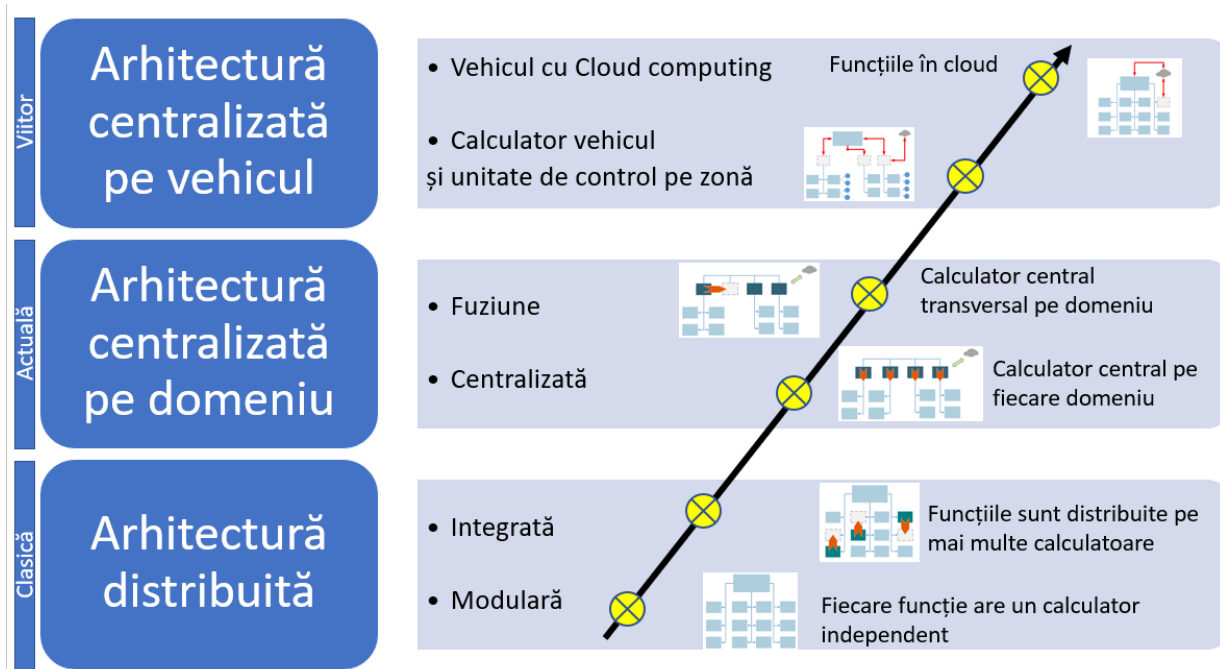


Fig. 3.1. Arhitectura electrică și electronică pentru autovehicule[84]

Arhitectura E/E este recunoscută ca fiind punctul cheie pentru susținerea aplicațiilor auto precum integrarea platformelor de navigație cu android ori apple, dar și a creșterii complexității automobilelor din punctul de vedere al funcțiilor suportate și al siguranței. Din multe considerente, arhitectura E/E auto este o infrastructură de rețea integrată ce conține elemente electrice, electronice și de comunicație, utilizată pentru a interconecta și organiza unitățile de control electronic și componentele mecanice/electronice, inclusiv senzorii, sistemele de alimentare și cablajele pentru a realiza funcțiile așteptate, în special interacțiunile și interdependența acestor elemente.

Din punctul de vedere al cerințelor funcționale ori constructive, există două mecanisme pentru a proiecta o arhitectură E/E stabilă, unul bazat pe abordarea orientată spre partea fizică/hardware, iar al doilea plecând de la funcții/software. Metoda hardware are o proiectare care se bazează pe arhitectura existentă și se dezvoltă prin adăugarea unor noi dispozitive și funcții peste această bază. Pe de altă parte, metoda software implică modificarea întregului proces de proiectare

și începe de la analiza cerințelor funcționale. Pentru proiectarea bazată pe arhitectura E/E hardware existentă, costul și dificultatea procesului de dezvoltare sunt relativ mai mici, dar limitate de structura originală care nu poate susține sisteme intensive de software distribuite ori complexe. Metoda de proiectare plecând de la software este un proces nou de proiectare, care urmează pași compleți de dezvoltare, fiind utilizată în mod obișnuit în dezvoltarea noilor platforme auto, dar e costisitoare și consumatoare de timp.[84-89]

În ceea ce privește proiectarea arhitecturii plecând de la software, ca prim pas este necesară definirea cerințelor și descompunerea funcțiilor pe domenii ori unități de control conform cu metoda de arhitectură aleasă, din Fig. 3.1, generând astfel module funcționale. În conceptul sistemelor E/E folosim două arhitecturi, arhitectura funcțională (nivel logic) și arhitectura tehnică, pentru a oferi în etapele precursore flexibilitate de schimbare mai ușoară, fără schimbări hardware complexe.

Modulele funcționale trebuie să fie determinate conform cerințelor specifice de proiectare, luând în considerare modalitățile de implementare a proiectării la nivel software și hardware care implică topologia fizică a rețelei auto, strâns legate de greutatea cablajului, modelul de cablare și costuri.

În continuare prezint arhitecturile și metodele acestora de funcționalitate, ca încadrare pentru cerințele sistemelor de pe autovehicule.

3.5 OPTIMIZĂRI DE ARHITECTURĂ

În cadrul acestui sub-capitol, propun adaptări și optimizări ale sistemelor de iluminat, în funcție de arhitectura electrică disponibilă pe autovehicul. Strategiile propuse ajută optimizarea costurilor, siguranța funcțională prin distributivitate, dar și îmbunătățirea randamentului electric al sistemului de iluminat. Soluțiile arhitecturale sunt orientate doar pe sistemul de iluminat, făcând abstracție de rețeaua de alimentare a vehiculului dar și de unitățile de comandă din acestea.

3.5.3 Soluții adaptive pentru arhitectura mixtă

Arhitectura mixtă oferă posibilitatea de a reutiliza o parte din arhitectură și UCE-urile consacrate pe ambele rețele, menținând beneficiile din ambele topologii de alimentare. Sistemul de iluminat în acest fel ar fi segregat. Iluminatul frontal, ce necesită cea mai mare putere electrică, rămâne pe rețeaua de 48 V, iar iluminatul spate pe cea de 12 V – eficiența în acest fel va crește la nivel de sistem. Costurile sistemului ar putea fi de asemenea controlate, iar eficientizarea arhitecturii frontale din considerente financiare, pot fi redistribuite către iluminatul spate pentru optimizare. Sub aceste considerente expuse propun un model de arhitectură mixtă al rețelei de alimentare și control, reprezentat în Fig. 3.2.

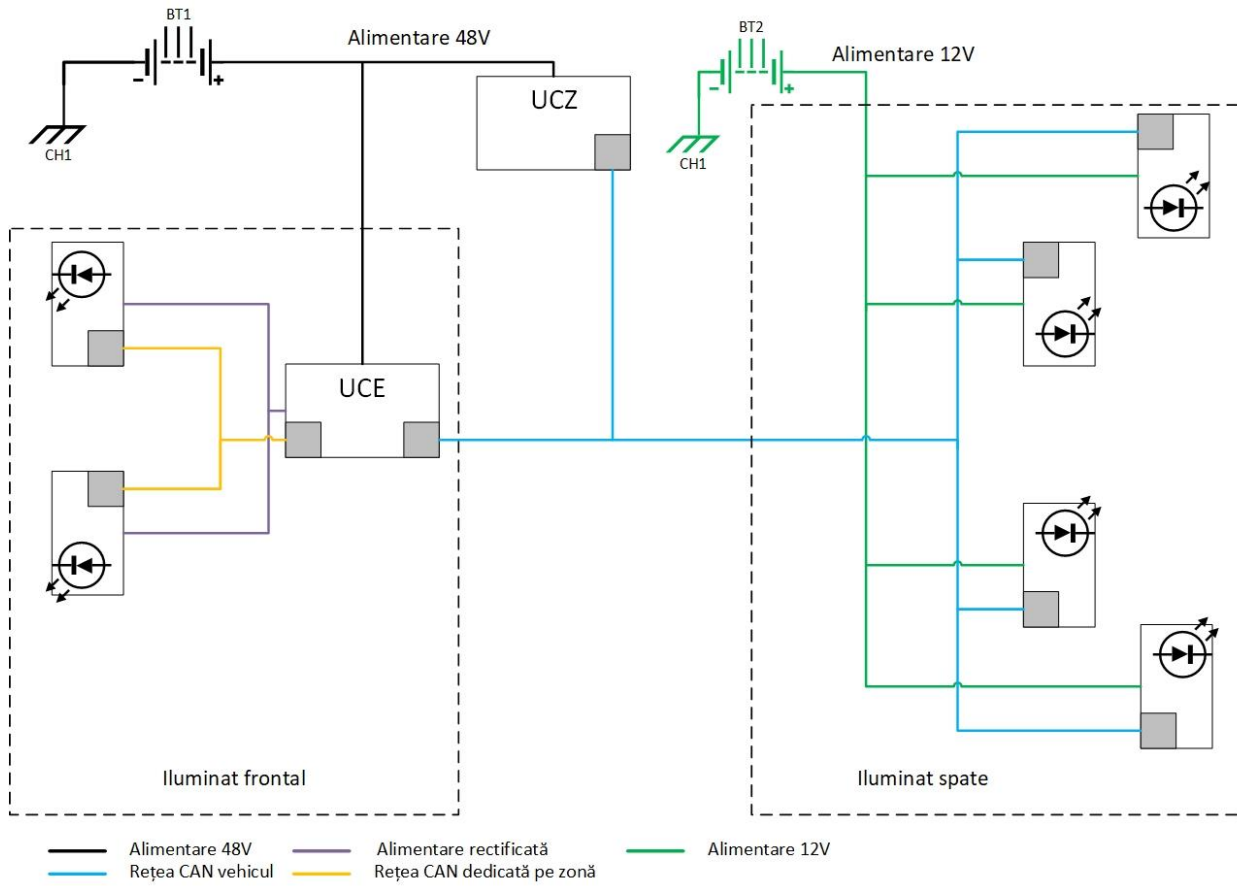


Fig. 3.2. Sistem de iluminat pe rețea de alimentare și control mixt

CAPITOLUL 4. ARHITECTURĂ, FUNCȚIONALITATE ȘI MANAGEMENTUL PROIECTĂRII

În acest capitol aduc îmbunătățiri, optimizări și soluții pentru sistemele de iluminat și tratez problema de arhitectură, funcționalitate la nivel de sistem de iluminat dar și management al proiectării și al dezvoltării.

4.1 ARHITECTURĂ ȘI AMPLASARE

Prin setarea cerințelor și a nevoilor, aleg arhitectura hardware ce urmează a fi utilizată în scopul maximizării beneficiilor și diminuarea dezavantajelor sistemului de iluminat.

Cerințele sistemului de iluminat:

- a) Surse de iluminat cu LED;
- b) Eficiență electrică mai mare de 70%;
- c) Număr de cabluri redus;
- d) Compatibilitate cu regelementările ECE și ISO – conform cu sub capitolul 1.3;
- e) Compatibilitate cu cerințele de validare – conform cu sub capitolul 1.4;
- f) Susținere funcții avansate de iluminat – conform cu sub capitolul 2.1.1;
- g) Stabilitate și recuperare defect.

În Tabel 4.1, pentru fiecare item listat în cerințele sistemului de iluminat, am adresat pentru fiecare zonă un mod de alimentare și un tip de arhitectură pentru a le satisface.

Tabel 4.1. Analiza cerințelor și orientarea sistemului de iluminat

Cerința	Iluminat frontal	Iluminat spate	Sistem
a)	LED și drivere dedicate	LED și drivere dedicate	LED, drivere dedicate și elemente de control arhitecturale
b)	Rețea alimentare 48 V și drivere buck	Rețea alimentare 12 V stabilă și driver liniar	Rețea alimentare mixtă și convertor DC/DC pentru stabilitatea rețelei de 12 V
c)	Comunicare CAN	Comunicare LIN	Reducere număr cabluri și pini pe unitatea centrală de comandă și control
d)	Comportament static, dinamic și recuperare defect	Comportament static, dinamic și recuperare defect	Control, diagnoză și cerințe de siguranță
e)	Fluctuații de iluminare reduse în prezența fenomenelor tranzitorii	Fluctuații de iluminare reduse în prezența fenomenelor tranzitorii	Rețea de alimentare stabilă
f)	Modul separat pentru iluminat matriceal	Control complex pentru animații	Control pe domeniu pentru descentralizare
g)	Prioritizare funcțională	Prioritizare funcțională	Control pe domeniu pentru descentralizare

Definirea arhitecturii EE pentru sistemul de iluminat este una dintre cele mai complexe activități, urmare a constrângerilor multiple, dar și a impactului acestuia asupra întregii infrastructuri a autovehiculului, din punct de vedere electronic cât și mecanic.

Noul sistem de iluminat pentru autovehicul, pentru a răspunde diverselor cerințe și pentru adaptabilitatea acestuia pe orice infrastructură, îl propun a fi modular zonal, astfel încât integrarea lui să poată fi făcută pe orice autovehicul ce respectă un minimum de precondiții spre a beneficia de lejeritatea configurării și satisfacerea tuturor funcționalităților. Definirea straturilor pentru arhitectură este necesară pentru conturarea arhitecturii și a conceptului, în Fig. 4.1, am definit cele patru straturi:

- a) Stratul de infrastructură – elementele necesare pentru autovehicul, din care:
 - i. sursă – baterie și elemente de protecție;
 - ii. comandă – interfață de control între utilizator și autovehicul;
 - iii. vehicul – senzori și mediu de achiziție de date pasive și active;
- b) Stratul funcțional:
 - i. alimentare – modul interfață alimentare și adaptare la sarcină (ex. DC/DC, liniar);
 - ii. comunicare – modul comunicare și adaptare medii (ex. CAN, LIN, analog);
- c) Stratul de abstractizare:
 - i. iluminat frontal – mediu de adaptare și generare funcțională pentru iluminatul frontal;
 - ii. iluminat spate – mediu de adaptare și generare funcțională pentru iluminatul spate;
- d) Stratul fizic – elementele constitutive pentru generarea iluminării.

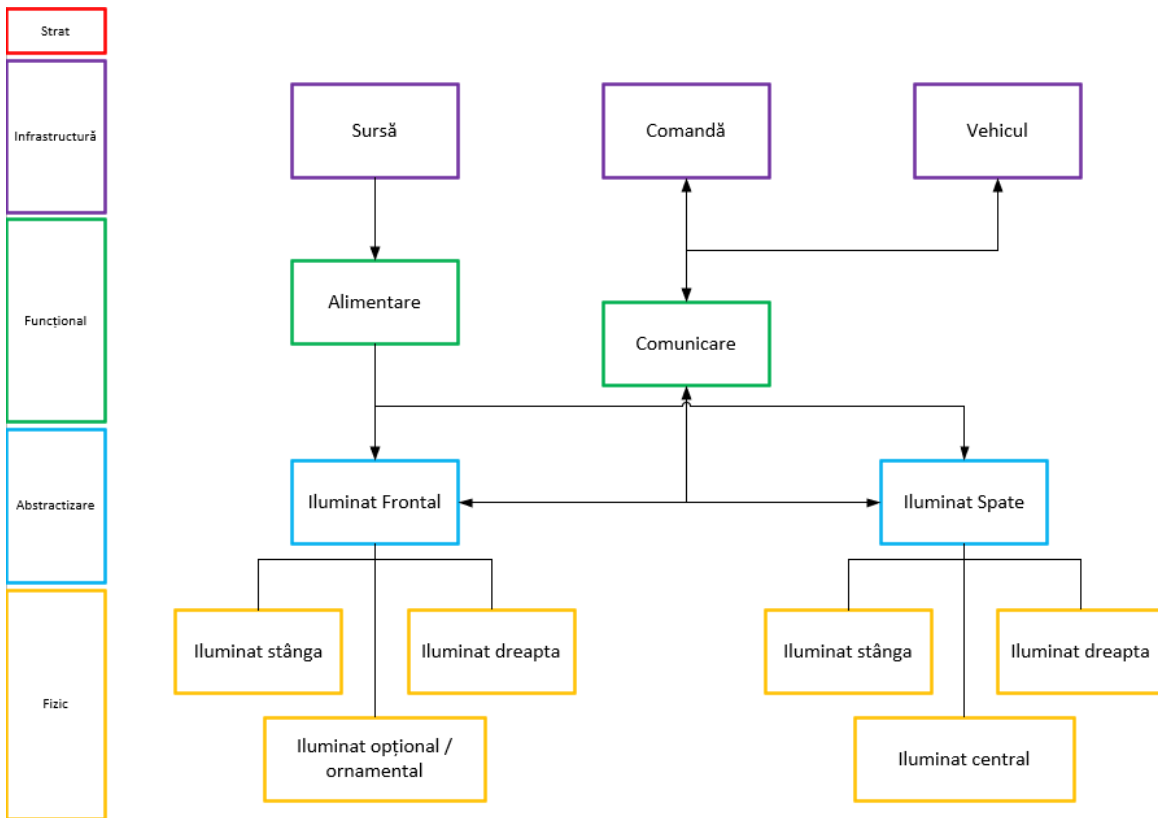


Fig. 4.1. Straturile arhitecturii EE pentru noul sistem de iluminare

Modul de definire a arhitecturii orientat pe straturi permite o privire de ansamblu asupra condițiilor necesare definirii unei structuri stabile ce oferă criteriile de succes ale strategiei urmărite. În Fig. 4.2 am ilustrat diagrama funcțională pe straturi pentru o funcție și constrângerile decizionale.

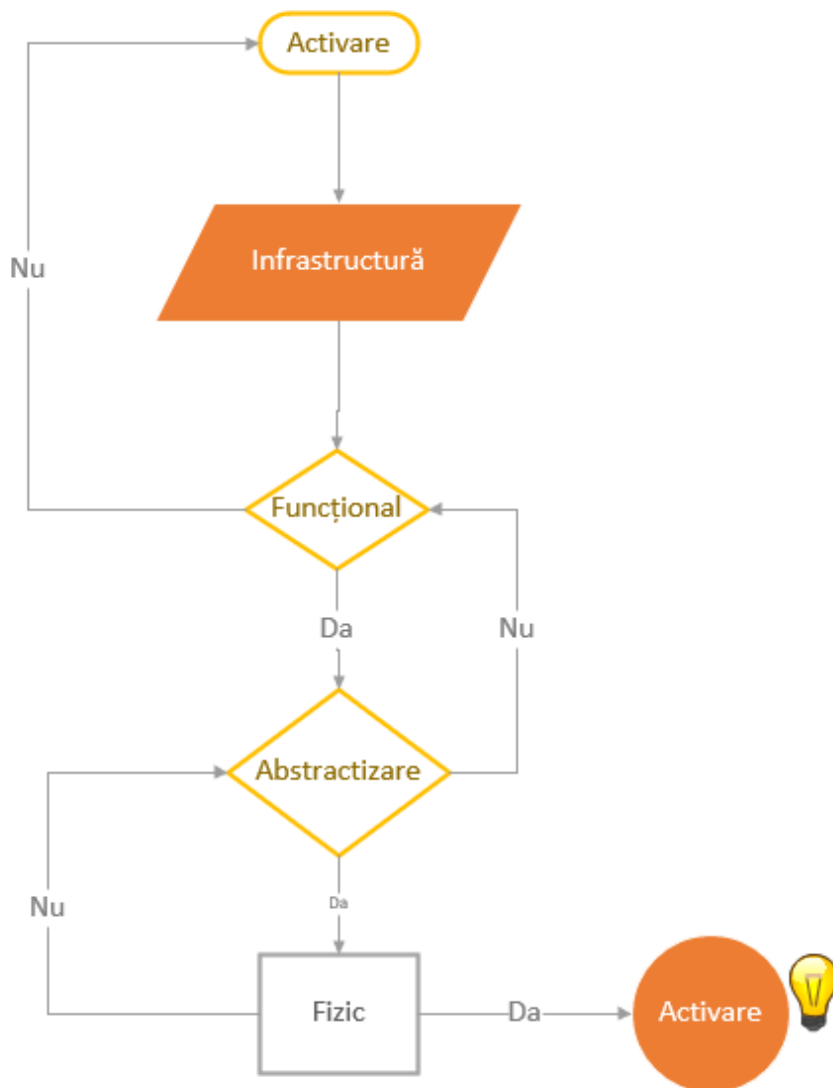


Fig. 4.2. Diagrama de control decizional pentru o funcție de iluminat

Noutatea acestei strategii, față de cele existente pe piață, constă într-o abstractizare a funcțiilor, ce rezidă în codul software, astfel, am conceput această strategie pentru a elimina nevoia de a integra funcții dedicate pe un calculator. Funcțiile astfel putând fi modulare și distribuite pe mai multe calculatoare ori clustere funcționale software din acestea.

4.2 MAPAREA ȘI FUNCȚIILE DISTRIBUITE

Fiecare funcție pentru iluminat prezintă o serie de cerințe funcționale și constrângeri, astfel ea este distribuită în anumite cazuri pentru asigurarea funcționalității sub anumite constrângeri, dar și pentru cerințe de performanță.

Funcțiile de iluminat sunt de două categorii: automate și manuale; cele automate au nevoie de un set de precondiții și date de la diverși senzori, iar cele manuale depind de cerința explicită a conducătorului pentru a fi active. În următoarele subcapitole la nivel de sistem prezint modurile de control și strategia mapării funcțiilor pentru sistemele de iluminat, pentru cele două moduri. Aceste funcții fac parte din strategia arhitecturală propusă ca nou concept.

4.3 MODELUL DE MANAGEMENT AL PROIECTĂRII

Sistemul de iluminat pentru autovehicul necesită și un model de management pentru proiectare, dezvoltare și lansare. Astfel asigurarea calității și bunei verificări a sistemului este satisfăcută. Acest model de management este creat pe nivele, de la nivel de sistem la nivel de componentă, segregat pe nivel de disciplină. Pentru buna executare a managementului de proiect, acesta va fi organizat conform cu diagrama din Fig. 4.3.

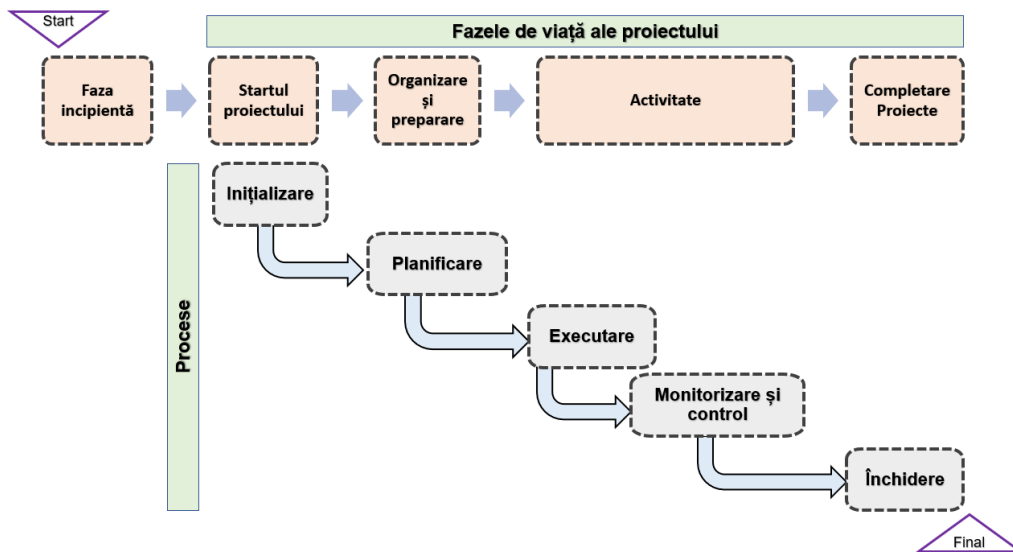


Fig. 4.3. Modelul de management al dezvoltării[90]

Din considerentele ingineriei de sistem, modelul dezvoltării, sub topologia ”V”, este reprezentat în Fig. 4.4, astfel pentru sistemul de iluminat acopăr toate elementele necesare pentru o bună executare a proiectului.

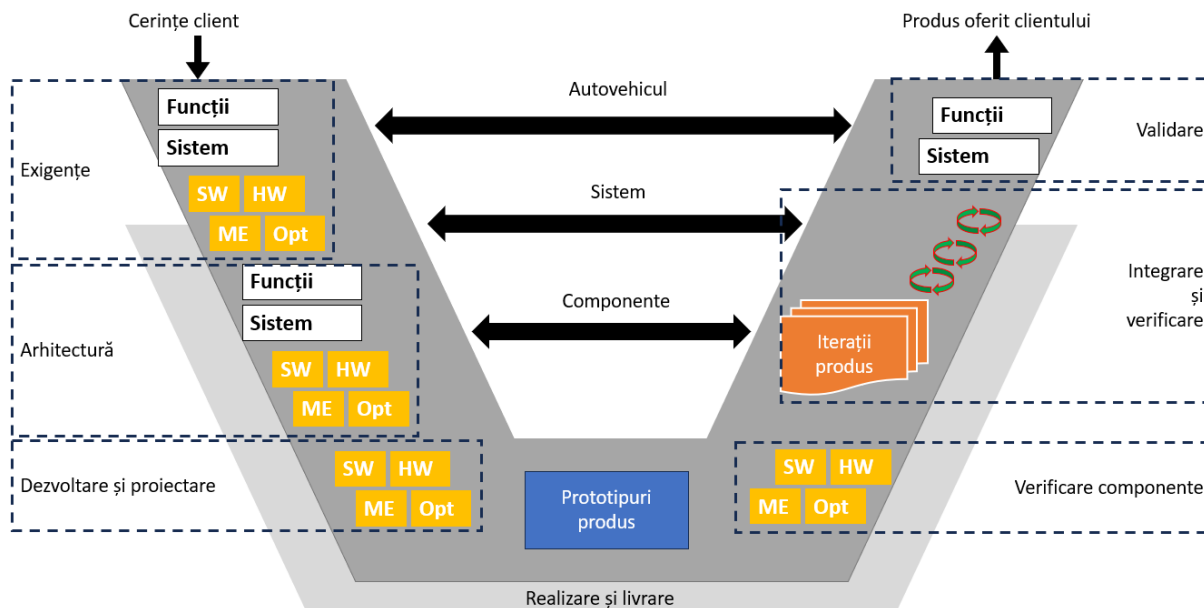


Fig. 4.4. Ciclul dezvoltării sistemului de iluminat

În Fig. 4.4, cu abrevieri următoarele componente:

- a) SW; software – toate activitățile de dezvoltare asociate cu domeniul de software, diagnoză, comunicare, abstractizare hardware, modelizare și arhitectură micro-controller ori micro-processor
- b) HW; hardware – toate activitățile asociate cu dezvoltarea electrică și electronică, conexiunea inter-sistem, proiectarea PCB-ului, arhitectură de putere și semnale, management-ul termic și EMI
- c) ME; mecanică – toate activitățile asociate cu dezvoltarea mecanică și industrializare, proiectare CAD, injectare matrice, volum și izometrie
- d) Opt; optică – toate activitățile asociate cu cerințele optice pentru echipament, flux luminos, unghiuri optice, cromacitate, conformitate cu cerințele ECE și reglementări optice

În momentul de față nu există un model dedicat management-ului proiectării echipamentelor de iluminat, astfel încât să existe o normă pentru buna coordonare între constructorii de autovehicule și producătorii de echipamente de iluminat.

În cadrul cercetării literaturii de specialitate și din propria experiență practică, arhitecturile utilizate pentru sistemele de iluminat sunt în unele situații complexe, în alte situații simpliste, dar nu există o interfață de management standardizată pentru a asigura buna coordonare. În practică, metodologia uzuală pentru asigurarea proiectării este standardul APQP, ce nu este adaptat pentru echipamentele și sistemele de iluminat, mai ales pentru cele distribuite.[12]

Sistemul de iluminat propus de mine, este într-o arhitectura distribuită, exigențele și arhitectura sunt analizate la nivel de macro sistem, astfel încât, acesta este un sistem dezvoltat în funcție de cerințele ori exigențele software și se bazează pe sisteme expert de tip AGILE, asigurarea calității conform cu ASPICE, asigurând în același timp și o interfață cu APQP. În Fig. 4.5, propun modelul de livrare și dezvoltare iterativă pentru livrarea echipamentelor și al sistemelor de iluminat, ce sunt orientate software.

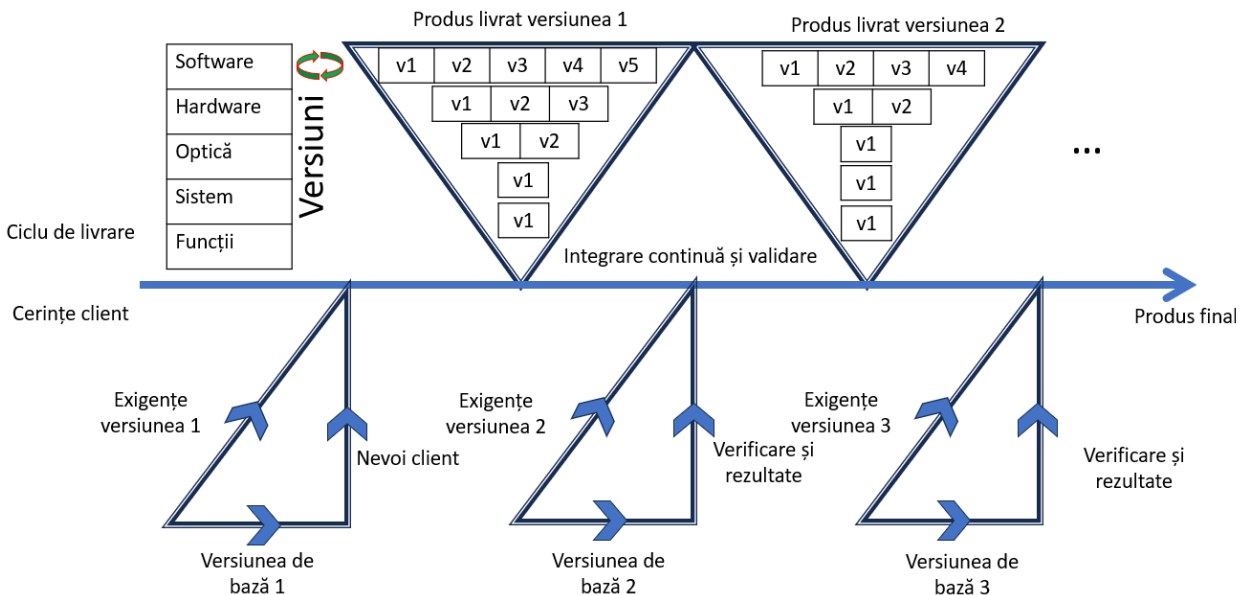


Fig. 4.5. Modelul livrării iterative software la nivel de componentă

În modelul de livrare și dezvoltare am numit client, entitatea ce va utiliza sistemul ori componenta dezvoltată. În cazul utilizării sistemului, clientul este autovehiculul, iar în cazul componentei, este sistemul.

Management-ul dezvoltării este unul critic, într-o arhitectură distribuită, astfel, fiecare modul poate accepta ori nega o funcționalitate, în funcție de constrangerile ori disponibilitatea acesteia. În anumite cazuri, cerințele ori exigențele de siguranță pot impune ca o funcționalitate să fie deținută de un echipament specific.

Funcțiile și sistemul reprezintă primul nivel tehnic în care se decid adoptarea unor strategii în cadrul unui autovehicul, precum și fezabilitatea acestora, în funcție de nevoile de marketing ori business. Decompoziția funcțiilor la nivel de autovehicul impactează sistemul, iar sistemul impune acceptul ori negarea responsabilității acestora. Pentru ilustrarea decompoziției, prezint exemplul desfășurării acesteia în Fig. 4.6, pentru 2 funcții, semnalizarea și stop-ul.

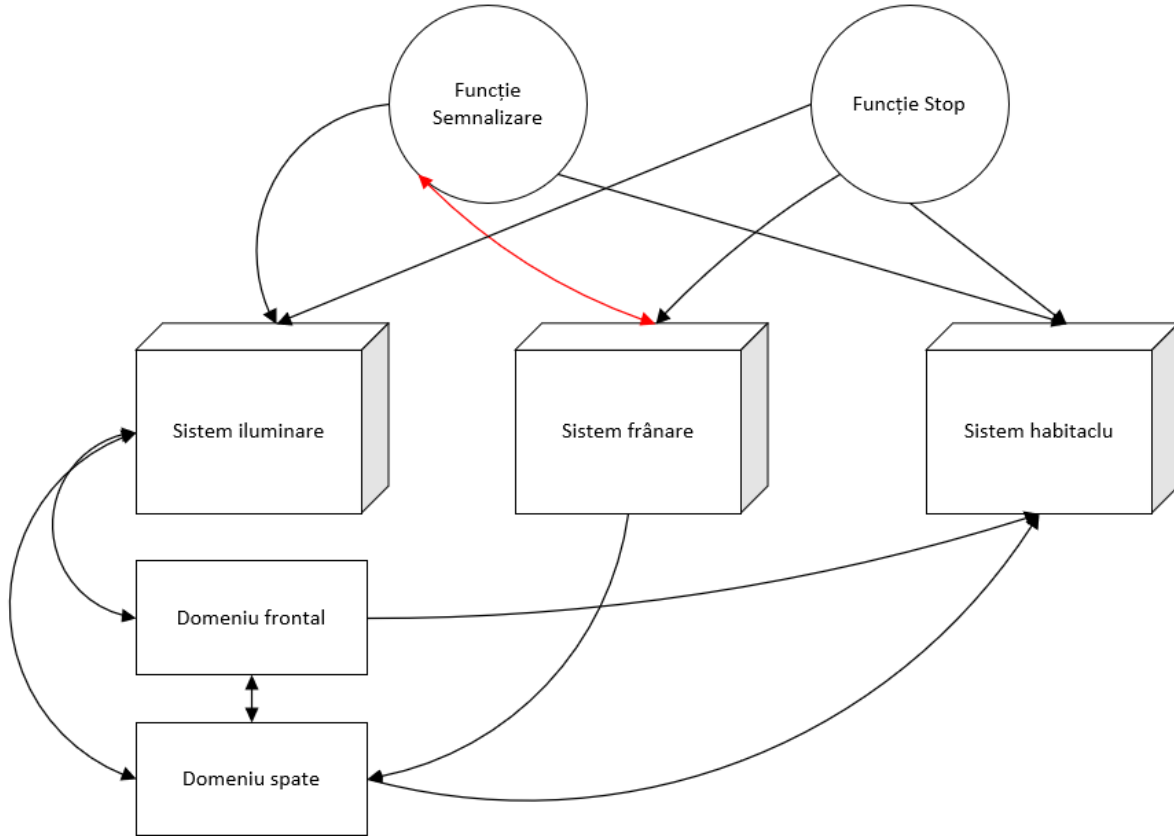


Fig. 4.6. Decompoziția funcțiilor pe domeniu

În acest mod, din Fig. 4.6, funcția de semnalizare este negată de sistemul de frânare deoarece nu are un scop funcțional, sistemul de iluminare are rolul de a satisface această funcționalitate, iar sistemul de habitacul de a consuma cerința utilizatorului și a oferi statusul luminilor.

Un alt aspect critic al proiectării și dezvoltării este validarea, acesta oferă vizibilitatea asupra conformității comportament-ului dorit, în Fig. 4.4, am prezentat ciclicitatea acesteia. Sistemul de iluminat, cu o arhitectură distribuită și orientată software, trebuie testat iterativ pentru fiecare versiune, astfel încât erorile de funcționalitate să le putem descoperi într-o manieră agilă și să reacționăm timpuriu pentru contracararea lor.

Concluzii:

Modelul de management al proiectării și dezvoltării pentru sistemul de iluminat este nou, generat din hibridizarea modelelor expert AGILE și de inginerie de sistem VDI-2206.

Modelul de management propus de mine, oferă o interfață cu modelul consacrat APQP, dar și asigură noutatea absorbirii în practică a metodologiilor de dezvoltare software.

Sistemul de iluminat, este dezvoltat iterativ, astfel reduce bucla de reacție pentru mentenanță și reacție pentru depanarea problemelor întâmpinate.

CAPITOLUL 5.

ANALIZA ȘI OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE ILUMINAT CU AJUTORUL PROGRAMULUI MATLAB-SIMULINK

În acest capitol, expun și detaliez principalele metode de control și comandă pentru sursele de iluminat din arhitectura optimizată propuse în capitolele anterioare prin modelarea sistemelor și soluțiile existente de comandă și control pentru lămpile de iluminat. Se vor face optimizări la nivel de echipament pentru îmbunătățirea eficienței sistemelor de iluminat.

5.1 MODELAREA SOLUȚIILOR EXISTENTE PENTRU LĂMPILE DE ILUMINAT CU AJUTORUL PROGRAMULUI MATLAB

Soluțiile de optimizare pentru sistemele de iluminat din perspectiva eficienței energetice necesită sarcini de tip LED, iar acestea impun utilizarea driverelor pentru stabilizarea tensiunii și a curentului pe LED, adițional să dimeze fluxul luminos ori să protejeze sarcinile prin reducerea curentului. În acest capitol proiectez și simulez cu ajutorul programului Matlab-Simulink, comportamentul echipamentelor de iluminat prin abstractizarea sistemului.

Etajele de conversie sunt simulate pentru diferite scenarii, precum tensiune stabilă, variabilă dar și apariția defectelor.

Scopul simulării este acela de a crea un model reprezentativ și stabil cu soluțiile studiate în *capitolul 1* și *capitolul 2*, astfel, stabilesc un concept generic funcțional în *sub-capitolul 5.1*, și aduc îmbunătățiri pentru acestea în *sub-capitolul 5.2*.

5.1.1 Modelare cu tensiune de alimentare fixă de 12V

5.1.1.1 Lămpile din zona frontală

Lămpile din zona frontală reprezintă unul din cele mai complexe sisteme de iluminat și control, acestea utilizează LED-uri de putere, iar eficiența sistemului reprezintă un factor extrem de important. În continuare prezint în acest capitol modelul Matlab la o tensiune de alimentare constantă de 12 V, impun utilizarea LED-urilor și a unei tipologii de control de tip boost-buck (Fig. 5.1). Pentru simulare impun datele din Tabel 5.1, funcțiile necesare conform reglementărilor de omologare, pentru iluminarea frontală a unui autovehicul cu o rețea de tensiune de 12V, eficiența cascadei a driverului de boost-buck este urmărită, pierderile termice datorate fenomenelor de comutație dar și cele datorate filtrelor EMC, nu sunt modelate.

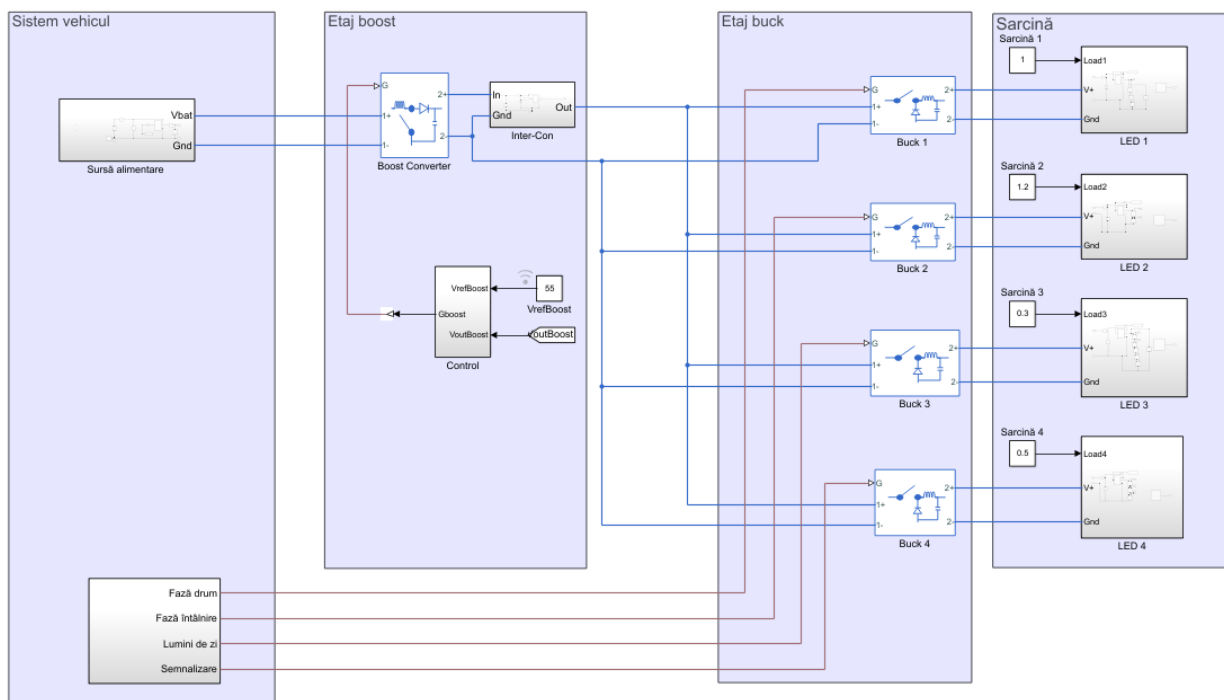


Fig. 5.1. Modelul Matlab pentru un sistem de iluminat frontal optimizat actual

Tabel 5.1. Date considerate în modelul Matlab din Fig. 5.1

Funcție	Sarcină	Număr LED-uri	Curent [A]	Tensiune [V]	Putere [W]	Putere Totală [W]
Fază de drum	Sarcină 1	3	1	16	48	102,3
Fază de întâlnire	Sarcină 2	2	1,2	12,5	30	
Lumini de zi	Sarcină 3	5	0,3	9,6	14,4	
Semnalizare	Sarcină 4	3	0,5	6,6	9,9	

În practică, sarcinile luminoase pot avea valori mai scăzute pentru a reduce puterea electrică consumată, dar ajutate de elemente reflective optice pentru a atinge cerințele optometrice necesare pentru omologare. De asemenea, toate funcțiile au fost activate și menținute, timpul de evaluare fiind scăzut, acest caz este cel mai drastic. Modelul expus are rolul de a ilustra topologia unui sistem de iluminare extern pentru partea frontală, utilizat de obicei pe vehicule dintr-o gamă globală, pentru activarea funcțiilor în modelul expus, s-au folosit comenzi analogice pentru activare, la nivel conceptual aceeași strategie poate fi satisfăcută și prin comenzi digitale, LIN ori CAN, de la șofer.

Schema bloc pentru modelul Matlab Simulink din Fig. 5.1, are patru nivele constituente. Primul nivel este sistem vehicul, ce emulează sursa de alimentare de 12V și bloc-ul de comandă pentru activarea funcțiilor de iluminat. Blocul de comandă conține generatoare de semnale logice pentru comanda activării ori dezactivării funcțiilor de iluminat, acesta emulează butoanele digitale ori analogice acționate de șofer pentru activarea unei funcții.

Al doilea nivel este cel pentru etajul boost, cu rolul de a ridica tensiunea pe ieșire în funcție de o valoare presetată și de a o menține constantă, indiferent de tensiunea de alimentare. În Fig. 5.2,

graficul tensiunii pe intrarea și ieșirea boost-ului în funcție de timp; pentru proiectarea modelului Matlab, acesta este setat pentru a menține pe ieșire o valoare de 55V.

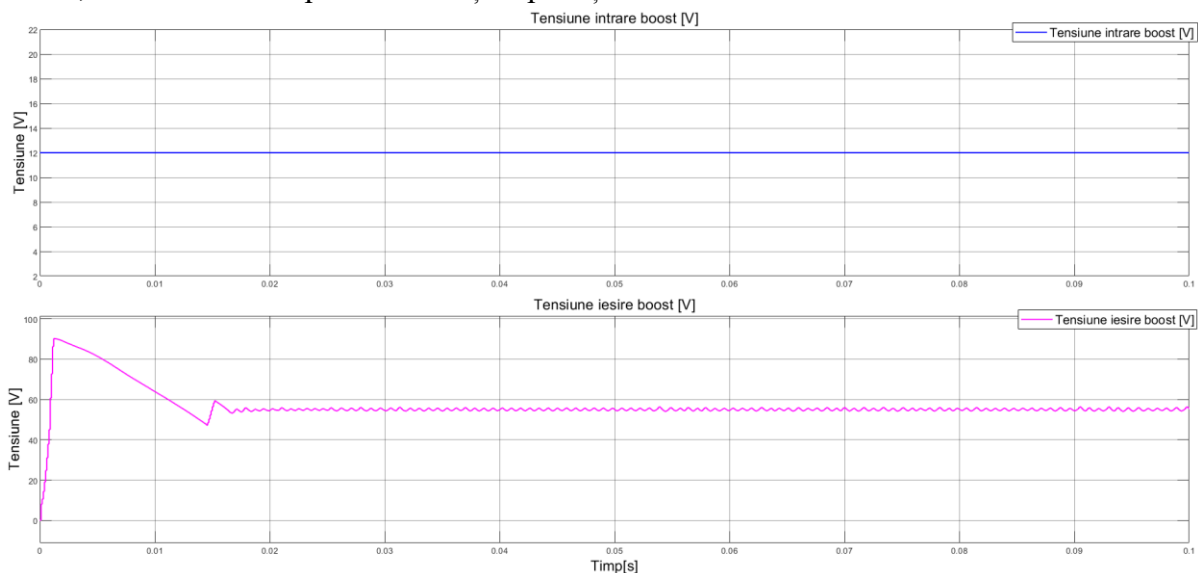


Fig. 5.2. Caracteristicile etajului boost pentru modelul Matlab al sistemului de iluminat frontal generic

Am observat în Fig. 5.2, un efect tranzitoriu pentru tensiunea pe ieșire din boost, acest lucru fiind datorat încărcării filtrelor, dar și pentru adaptarea și stabilizarea buclei de control, efectul tranzitoriu între 0 și 0.015s. Pentru etajul boost și controlul convertorului de tip boost, creez o buclă de control pentru modificarea factorului de umplere, ce îl controlează, pentru a menține valoarea pe ieșire în funcție de tensiunea de alimentare. Factorul de umplere ce controlează boost-ul, crește atunci când tensiunea de alimentare este sub cea de design ori scade când aceasta este mai ridicată. În Fig. 5.3 bucla de control în tensiune pentru boost din modelul Matlab generic:

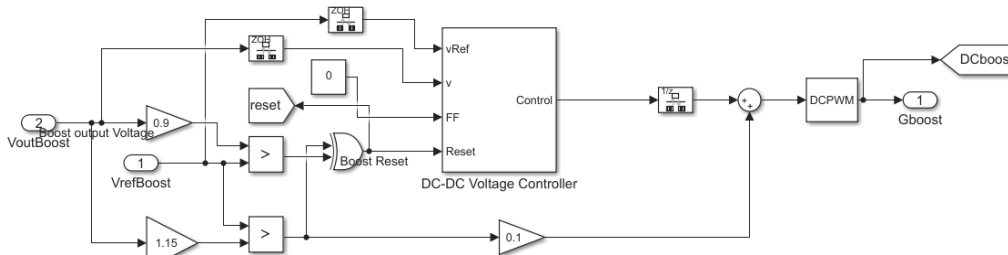


Fig. 5.3. Bucla de control în tensiune pentru boost din modelul Matlab generic

Al treilea nivel este cel pentru etajul buck, ce conține 4 buck-uri cu rol dedicat pentru fiecare sarcină/funcție, de a coborî tensiunea setată de boost și a livra un curent constant pre-setat pentru nevoia fiecărei sarcini. Buck-urile au o buclă de control dedicată pentru fiecare sarcină. În Fig. 5.4 reprezintă bucla de control în curent pentru buck, LED-urile fiind elemente controlate în curent, astfel stabilizând curentul pe sarcină.

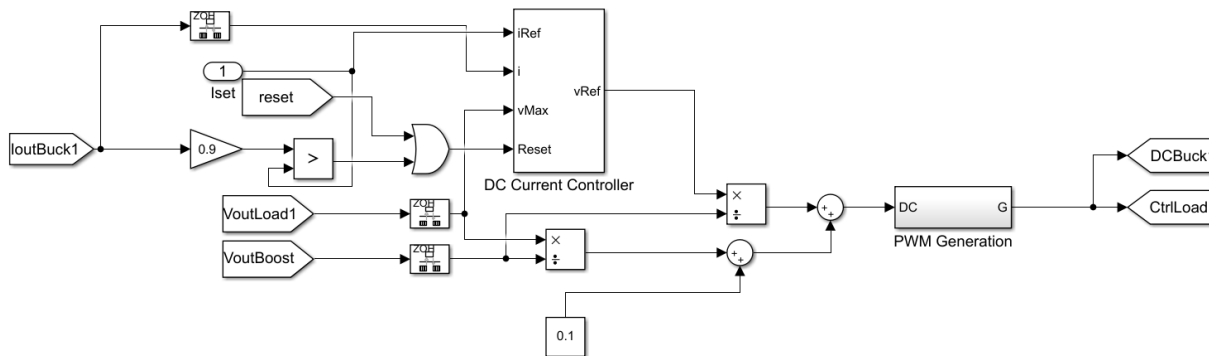


Fig. 5.4. Bucla de control în curent pentru buck din modelul Matlab generic

Ultimul nivel, patru, conține grupuri de LED-uri a câte trei LED-uri, cu rolul funcțional de a genera lumină. În Fig. 5.5 reprezintă caracteristicile pentru fiecare sarcină deservită de fiecare buck în funcție de valorile setate din Tabel 5.1.

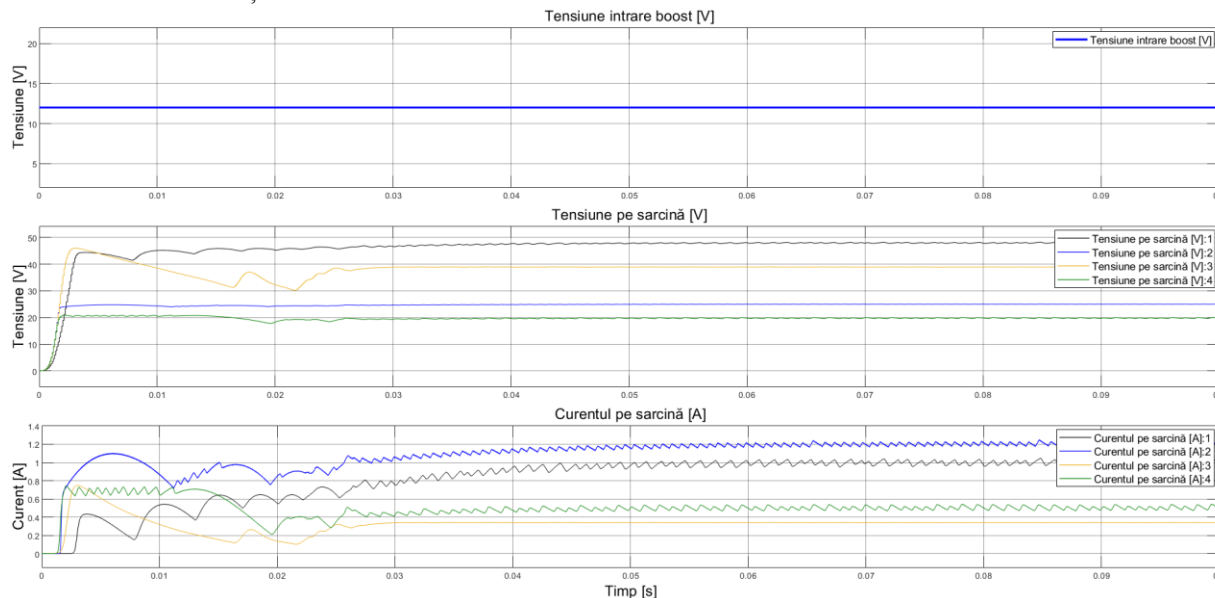


Fig. 5.5. Caracteristicile sarcinilor pentru modelul Matlab al unui sistem de iluminat frontal generic

În sarcini există un zgomot aflat în limitele acceptabile ale LED-urilor, $\pm 10\%$ din valoarea curentului nominal iar fluxul luminos variază în funcție de curentul pe LED, dar în realitate este slab susceptibil datorită frecvenței de lucru a buck-ului ce este de ordinul kilohertzilor. Deși în model acesta este de 200 kHz, în realitate poate varia între 100 kHz și 1 MHz. Ochiul uman percepe fluctuații doar sub 200 Hz. În Fig. 5.6 reprezintă caracteristicile sarcinii unu, pentru perioada între 0,05 - 0,08 s după stabilizare, pentru a exemplifica acest zgomot.

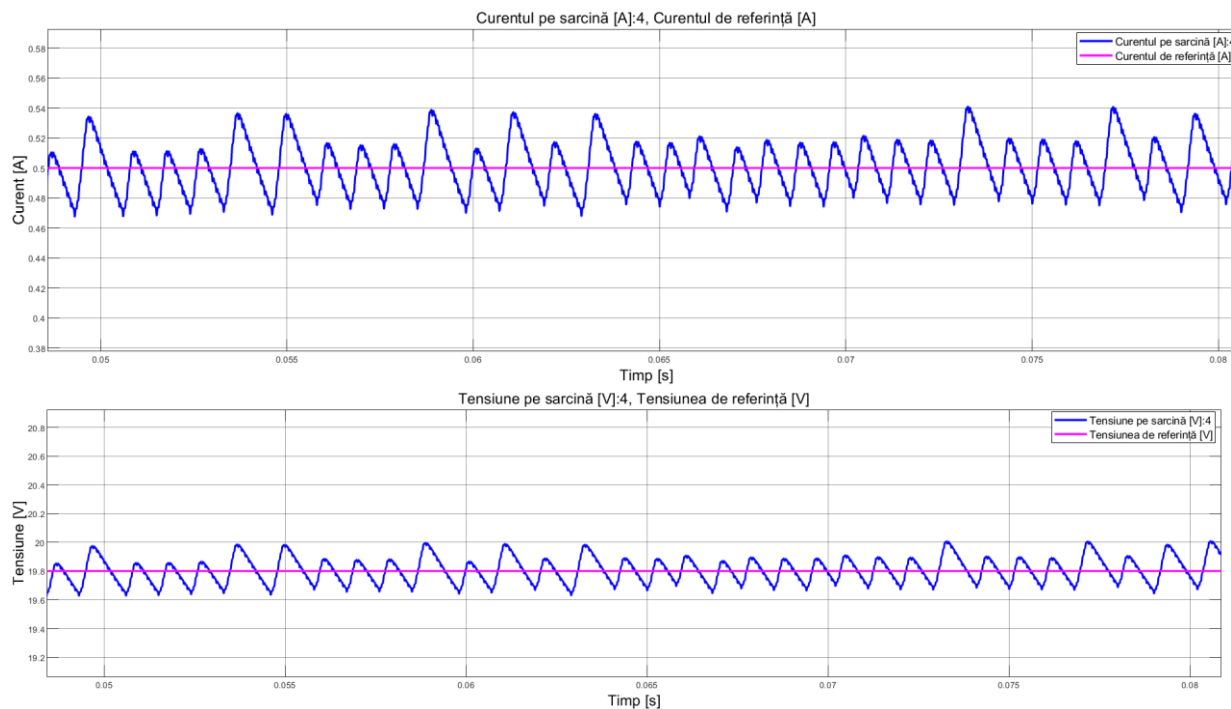


Fig. 5.6. Caracteristicile sarcinii 1 pentru perioada 0,05 - 0,08 s

Considerând modelul Matlab generic pentru iluminatul frontal, extrag eficiența electrică pentru sistem și o reprezint grafic în Fig. 5.7, pentru media valorilor măsurate, am utilizat un bloc de tip RMS (*root mean square*). Am rulat modelul pentru o perioadă de 0.2s, iar după stabilizarea sa, reprezenit intervalul pentru eficiență, pentru tensiunea constantă de alimentare de 12 V.

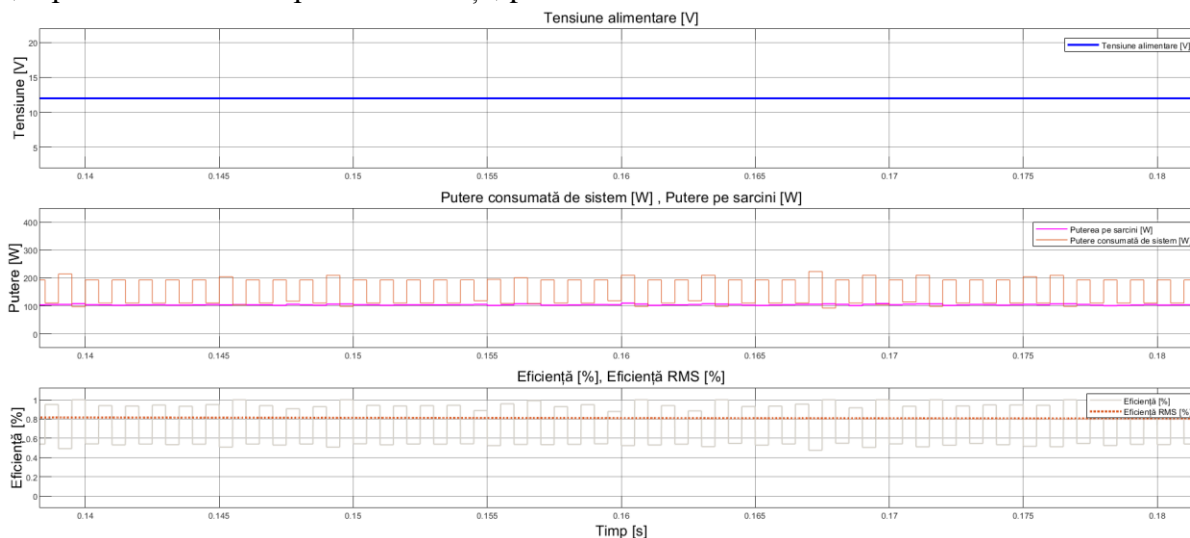


Fig. 5.7. Eficiența modelului Matlab generic boost-buck pentru lămpi față

Eficiența în intervalul testat, are o medie de 80%, între puterea consumată de sistem și cea utilizată pe sarcini, boost-ul în legătura cu cele 4 buck-uri generând o pierdere de aproximativ 20%, prin elementele de active și pasive.

5.1.1.2 Observații pentru iluminatul frontal

- Modelarea sarcinilor este un factor extrem de sensibil, iar simularea lor este dificilă. Pentru un comportament cât mai reprezentativ, rezistența dinamică (R_d) pentru fiecare sursă a fost calculată utilizând formula:

$$R_d = \frac{V_{f_{max}} - V_{f_{min}}}{I_{f_{max}}} \quad (5.1)$$

Nerespectarea valorilor rezistenței dinamice în funcție de tensiunea de activare a diodelor (V_f – *forward voltage*) și a curentului de activare al acestora (I_f – *forward current*), duce la instabilități ridicate și un concept slab. În cadrul simulării aceste considerente au fost tratate și comportamentul este realist.

- Zgomotul observat în sarcini este în limitele impuse de +/- 10% din valoarea impusă, acest lucru fiind ilustrat în Fig. 5.6.
- Bucla de control pentru buck-uri și boost am creat-o astfel încât să fie cât mai flexibilă și să poată susține alte sarcini de diferite caracteristici electrice. Pentru asigurarea menținerii valorilor prescrise, am creat o logică de reset, pentru a re-inițializa bucla de control în caz de comportament neadecvat. Lucru întâlnit frecvent în faza de proiectare Simulink.
- Eficiența sistemului între puterea consumată de la sursa de alimentare și puterea deservită în sarcini (LED-uri), este de aproximativ 80%, o valoare reală, regăsită și în practică. Producătorii de echipamente de iluminat, încearcă să crească această eficiență la un nivel de minim 80%.
- Pentru modelul creat cu ajutorul programului Matlab-Simulink, am creat un prototip funcțional pentru verificarea funcționalității, imaginea cu schema de ansamblu, este reprezentată în Fig. 5.8. Rezultatele funcționale sunt confirmate, iar topologia de control și comandă este realizată utilizând un modul boost *LT3782A*[91], module buck *STEVAl-ILL089VI*[92] și sarcini de tip LED[93] asemănătoare cu cele utilizate în modelarea numerică.

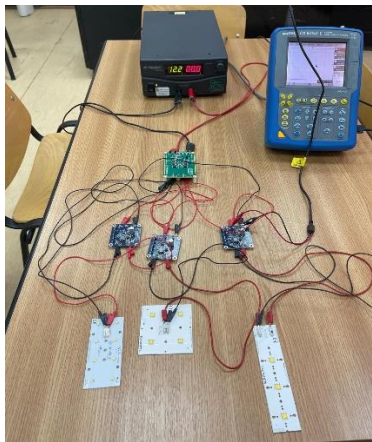


Fig. 5.8. Iluminat frontal – realizare practică pentru topologia de boost-buck cascadată

5.2 OPTIMIZĂRI PENTRU SISTEMUL DE ILUMINARE CU AJUTORUL PROGRAMULUI MATLAB

În cadrul capitolelor precedente, am studiat și analizat cu ajutorul literaturii de specialitate și din experiența proprie metodele curente de control tipologiile și topologiile existente din piață pentru controlul sarcinilor cu LED-uri. S-a remarcat beneficiul adoptării rețelelor de 48V pentru îmbunătățirea cablajului dar și a eficienței unităților de control.

Modelul Matlab propus pentru a îmbunătăți topologia de control pentru instalația de iluminat are ca scop două direcții. În primul rând eficientizarea modului de control și comandă pentru cei mai mari consumatori, faza scurtă și faza de drum, prin analiza metodelor de control. Iar în al doilea spectru, topologia de control pentru sursele de iluminat cu o cerință de putere scăzută.

Dezvoltarea sistemului de iluminat va fi orientată pe rețeaua electrică de 14V și de 48V, astfel, va acoperi nevoile sistemelor electrice prezente pe piață.

Arhitectura și cerințele la nivel de sistem vor fi:

- a) Comunicarea între module la nivel de sistem va fi considerată prin comunicare de tip CAN
- b) Diagnoza modulelor va fi efectuată pe CAN, dar și un mod adițional pe fir.
- c) Toate sursele de iluminat vor fi cu LED

Sistemul de iluminat la nivel de arhitectură a fost prezentat în *capitolele 3 și 4*, capitolul actual are ca scop îmbunătățirea la nivel de componente pentru elementele de iluminat, driverele și maniera de control pentru LED-uri.

5.2.2 Optimizarea arhitecturii de control

Pentru arhitectura autovehiculului cu o rețea dedicată de 12V ori 14V, metodele de control pentru etajele de conversie pot fi diverse, și depind de nevoile lămpilor. Pentru o rețea de 48V ori mixtă, unde atât cea de 48V cât și cea de 14V sunt disponibile, soluțiile pentru o eficiență crescută sunt posibile.

În Matlab-Simulink, am încercat diverse topologii de control și comandă, următoarea topologie din Fig. 5.9, cu o arhitectură mixtă a fost găsită cu cea mai bună aplicabilitate și randament.

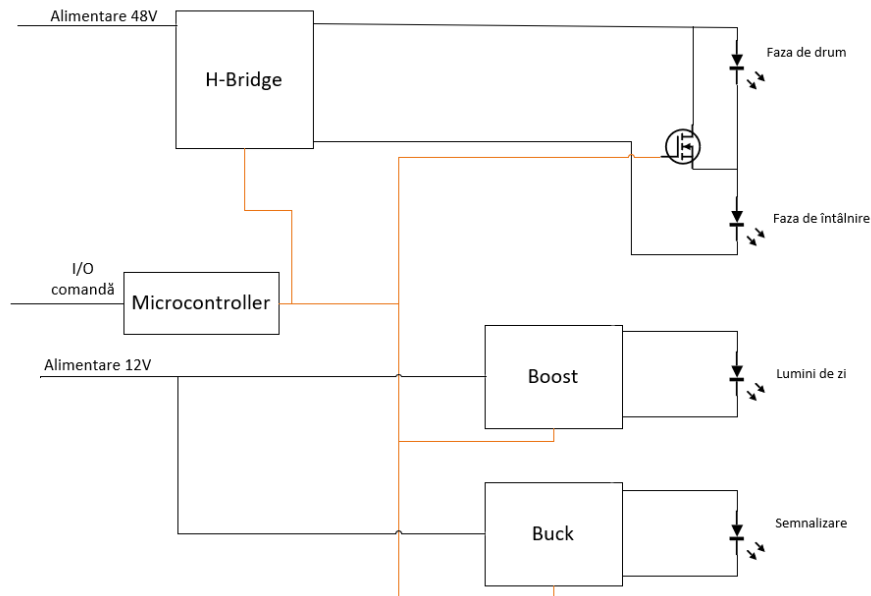


Fig. 5.9. Topologia conceptului de iluminat cu rețea de alimentare mixtă

Pentru referențierea și aplicabilitatea acestui concept arhitectural, am considerat următoarele date pentru sarcinile de iluminat:

- Sarcina luminilor de întâlnire să fie de maxim 30W, cu o tensiune pentru activarea LED-urilor de maxim 24V
- Sarcina luminilor de drum să fie de maxim 20W, cu o tensiune pentru activarea LED-urilor de maxim 16V
- Sarcina luminilor de zi, să fie de maxim 12W, cu o tensiune pentru activarea LED-urilor de maxim 24V
- Sarcina luminilor de pentru semnalizare, să fie de maxim 9W , cu o tensiune pentru activarea LED-urilor de maxim 9V.

Pentru sarcinile de iluminat din a) și b), driver-ul în punte H, este utilizat pentru a crește ori scade tensiunea pe întreaga linie de LED-uri, astfel, activând ca Boost ori buck, în funcție de nevoia totală a sarcinilor. Tensiunea totală pe ieșirea punții de conversie H, fiind mai mică decât tensiunea de intrare, acesta ar lucra ca boost doar în condiții de fluctuații pe rețeaua de 48V.

Pentru sarcina de iluminat din c), în funcție de cerințele de iluminat dar și estetică, am considerat, un număr ridicat de LED-uri, generând necesitatea unei tensiuni crescute, dar cu o putere redusă, pentru a diminua necesarul de energie.

Semnalizarea, din considerente practice, nu necesită o putere mare, fiind uzual comandată cu un driver liniar, astfel un număr de LED-uri pot fi dispuse în serie, pentru a atinge un maxim de 9V pentru a satisface cerințele acestora.

5.2.2.2 Optimizarea topologiei de control pentru sistemul de iluminat frontal

Analiza și ajustarea primului modul, pentru alimentarea de 48V a fost efectuată, în următoarea parte efectuez integrarea acestuia, împreună cu rețeaua de alimentare de 12V ce deservește funcțiile de iluminat de zi și de semnalizare.

Pentru sistemul de iluminat frontal, cu toate funcțiile de iluminat incluse, prezint conceptul de sistem, din Fig. 5.10.

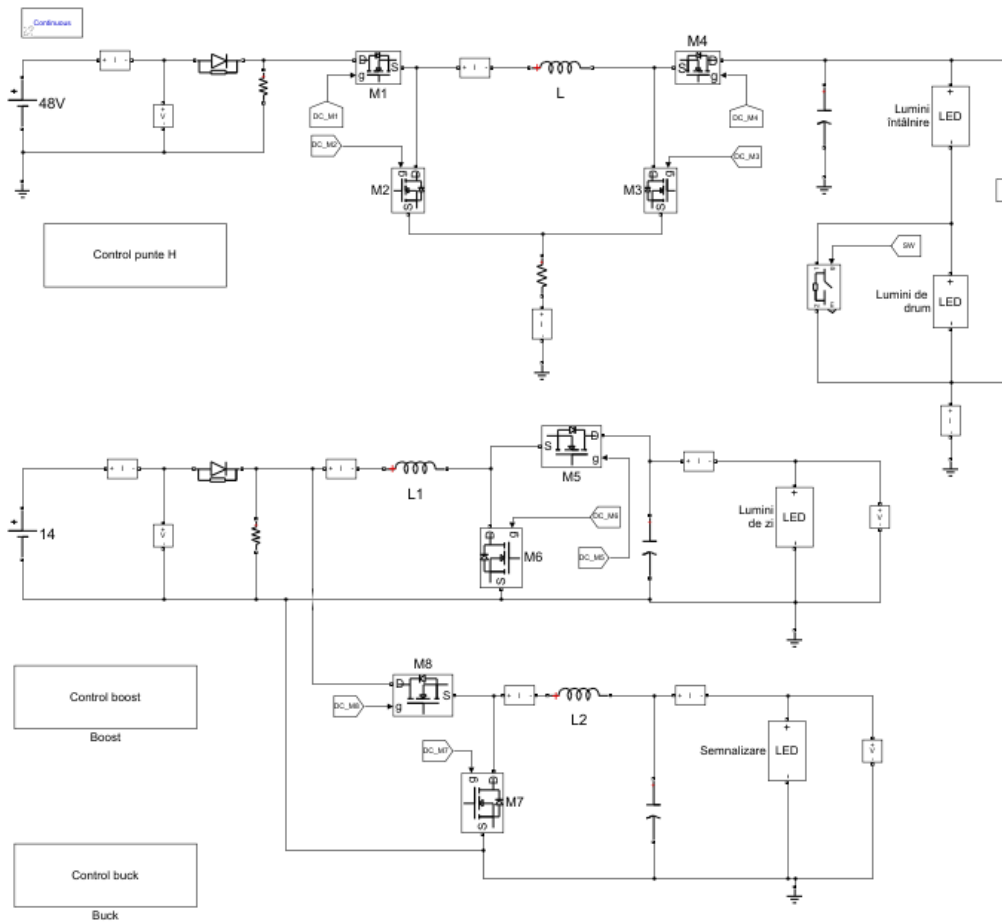


Fig. 5.10. Modelul sistemul de iluminat frontal cu toate funcțiile prezente

Pentru sistemul din Fig. 5.10, utilizez o punte H pentru luminile de drum și cele de întâlnire, ce este deservită de la o sursă de alimentare de 48V. Iar pentru luminile de zi propun un boost și pentru semnalizare un buck, amândouă fiind deservite de o rețea de alimentare de 14V. Reprezintă caracteristicile electrice pe sarcini, în figura Fig. 5.11, iar în figura Fig. 5.12, eficiența întregului sistem.

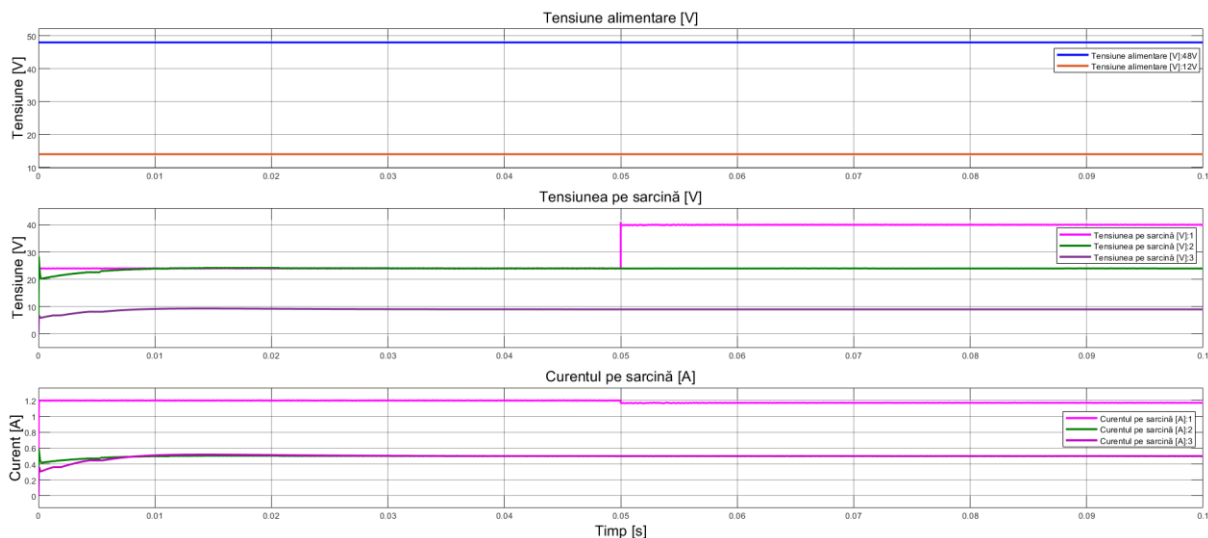


Fig. 5.11. Caracteristicile electrice prin sarcini, pentru întreg sistemul de iluminat frontal

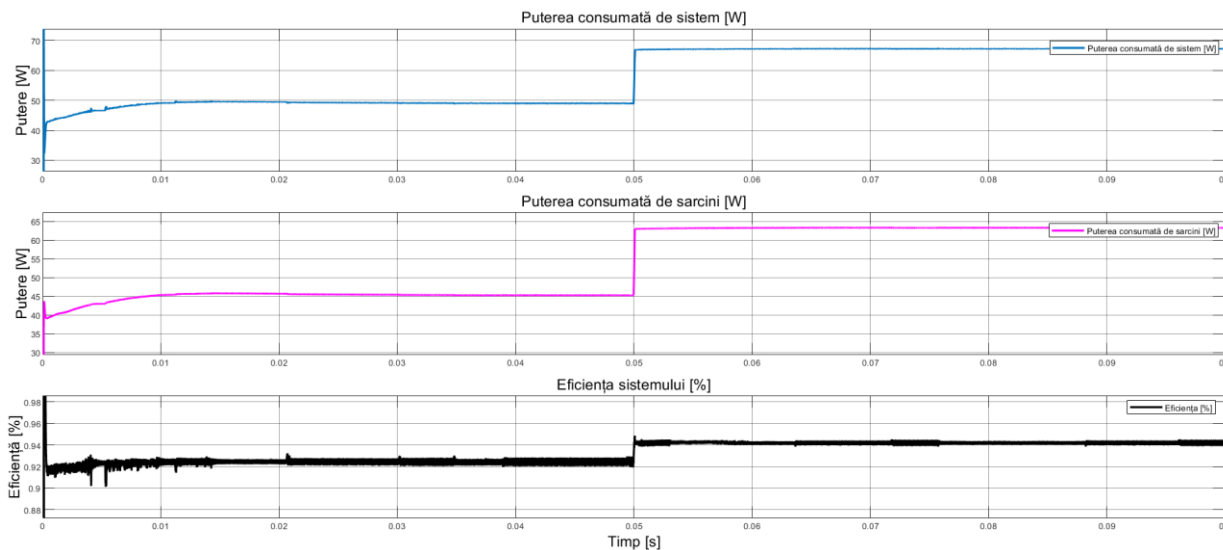


Fig. 5.12. Eficiența sistemului de iluminat frontal cu toate funcțiile active

Am găsit că eficiența întregului sistem, este cu aproximativ 15% mai mare, în cazul topologiei de control propusă în teza de doctorat față de cel de referință.

În continuare, sistemul nou propus în teza de doctorat, oferă o adaptabilitate crescută, prin utilizarea punții H, astfel, în funcție de arhitectura aleasă aceasta propune o interfață pentru ridicarea și coborârea tensiunii de alimentare pentru sarcinile deservite.

5.2.2.3 Optimizarea topologiei de control pentru iluminatul spate

La nivel de sistem, o altă problemă este cea a detectării și a transmiterii statusului pentru sarcinile de iluminat, numită și diagnosticabilitate. Pentru lămpile frontale, în sistemele avansate există comunicare pe rețea, iar aceste erori pot fi transmise cu ușurință. Pentru iluminatul din zona spate, în multe arhitecturi această rețea nu este disponibilă, iar erorile sunt detectate, la nivel de sistem, indirect, prin măsurarea curentului consumat de lampă. Curentul consumat fiind foarte mic, cu sarcini LED, este extrem de greu de creat[11]. În industrie, pentru a crește curentul nominal, fiind se utilizează un balast pentru creșterea curentului nominal, ori componente foarte scumpe ce sunt capabile să detecteze aceste erori. Pentru caz-ul utilizării unui balast, o bună parte a energiei este disipată, ducând sistemul la o eficiență de sub 50%. În cadrul tezei de doctorat, inspirat de logica de control prin PWM, detaliată în *sub-capitolul 5.1.1.3*, propun o codificare pe linia de control a sarcinilor de iluminat, astfel încât lampa să primească de la sistem comandă PWM pentru a satisface diferite funcții dar și de a returna statusul funcțiilor de iluminat. În Fig. 5.13, schema la nivel de sistem pentru diagnosticabilitatea sarcinilor LED este reprezentată.

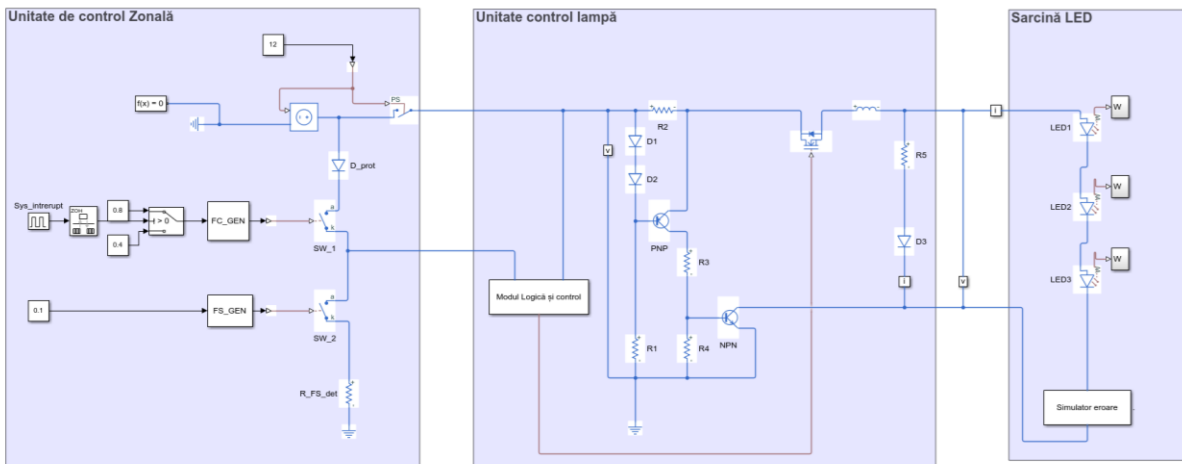


Fig. 5.13. Conceptul pentru diagnosticabilitatea sarcinilor LED la nivel de sistem

Conceptul are rolul de a utiliza doar două fire, unul dedicat pentru alimentarea cu energie, iar al doilea pentru controlu și diagnoză. Al doilea fir, utilizând PWM, are rolul de a activa și dezactiva o funcție, de a permite, schimbarea fluxului luminos prin modificarea factorului de umplere dar și de a permite transferul de informații privind starea lămpii. Pentru buna funcționalitate, specificațiile ori exigențele funcționale pentru semnalul PWM este necesară, astfel în Tabel 5.2, le specific. În Tabel 5.2, am marcat cu $\pm x\%$, eroarea ce poate să apară, dar trebuie menținută la 2% din valoarea nominală, ideal ar fi 0.

Tabel 5.2. Funcționalitatea sistemul-ului cu maparea regului de control și diagnosticabilitate[11]

Factor de umplere	Funcția 1	Funcția 2	Statusul funcției
0%	Nedefinit	Nedefinit	Scurtcircuit
100%	Nedefinit	Nedefinit	Circuit deschis
20% ±x%	Eroare	Activă	20% ±x%
40% ±x%	OK	Eroare	40% ±x%
60% ±x%	Eroare	Eroare	60% ±x%
80% ±x%	Activă	Activă	80% ±x%

Sistemul și funcția de diagnoză, este construită astfel, iar în Fig. 5.14, reprezintă caracteristicile ei.

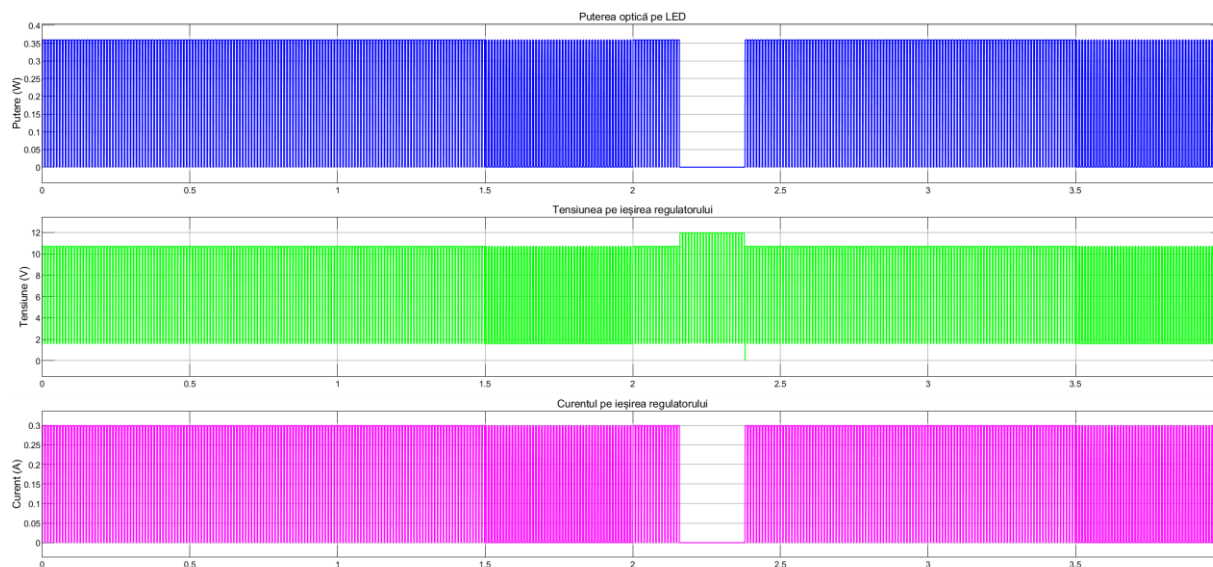


Fig. 5.14. Caracteristicile electrice pentru sistemul de iluminat al modului de diagnosticabilitate.[11]

Pentru o mai bună vizibilitatea a modului de diagnosticabilitate și pentru funcționalitatea acestui concept de control, în Fig. 5.15, extrag o captură pentru evidențierea trecerii dintre funcții dar și partea de eroare.

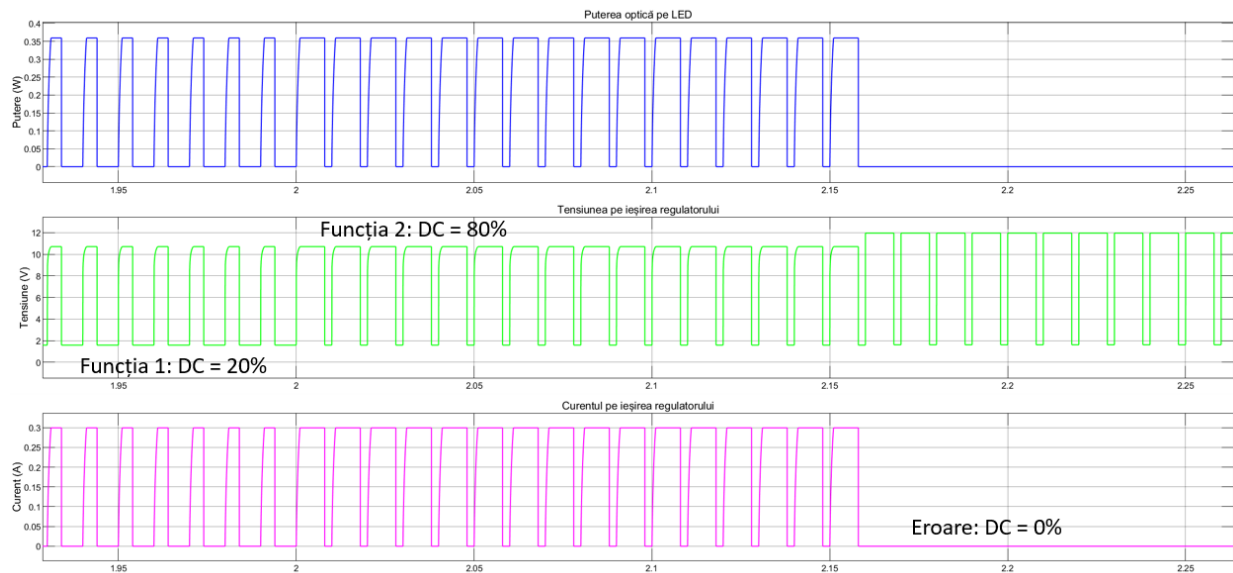


Fig. 5.15. Caracteristicile electrice pentru control și diagnosticabilitate, focus pe trecerea dintre stări.[11]

În Fig. 5.15 evidențiez puterea optică reală, direct proporțională cu curentul ce trece prin LED-uri, iar la o frecvență ridicată, de 300Hz, ochiul uman nu observă stingerea și aprinderea LED-urilor, ci doar o scădere în intensitate.

Pentru eroare, în cadranul *Tensiunea pe ieșirea regulatorului*, este o tensiune mai ridicată la apariția erori, lucru datorat lipsei sarcinii, generat și de schema de control ce detectează eroarea pe LED-uri.

Observații:

Modulul de diagnosticabilitate aduce un element de inovație, iar comportamentul său simulat cu ajutorul programului Matlab, demonstrează o bună funcționalitate.

Această strategie impune o mapare funcțională ce necesită o logică de control împărțită la nivel arhitectural, între unitatea de control pentru LED-uri și unitatea de control zonală.

Din studiul literaturii de specialitate, o metodă asemănătoare, pentru a compara comportamentul nu a fost identificată.

CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

C 1. CONCLUZII

Lucrarea abordează un subiect asociat domeniului sistemelor de control al autovehiculelor, arhitectura de control și specificitatea echipamentelor de iluminat, caracterizate de utilizarea convertoarelor statice pentru creșterea eficienței energetice. Aceste sisteme necesită metode avansate de analiză și control, pentru a satisface constrângerile reglementărilor.

În lucrare am evidențiat complexitatea acestor sisteme și nevoia studierii și simulării diferitor structuri și topologii, atât curente cât și de viitor, pentru a îmbunătăți eficiența sistemului. Aceste modele de topologie necesită structuri și adaptări în funcție de tehnologia disponibilă pe vehicule, cum ar fi arhitectura electrică și electronică a platformei.

Am realizat în *capitolul 3* o analiză a modelelor de arhitectură și am identificat soluții de îmbunătățire. Soluțiile de îmbunătățire constau în optimizarea la nivel de sistem și arhitectură pentru interacțiunea componentelor constituente sistemului de iluminat. Am introdus unități de control zonale, pentru o mai bună descentralizare a sistemului și îmbunătățirea adaptabilității acestuia.

În continuare, în *capitolul 4*, am creat interacțiunea acestor sisteme de iluminat, precum și diagramele funcționale sub care acestea funcționează. Interacțiunea la nivel de sistem a fost creată pentru toate funcțiile de iluminat, cerute de legislație, am acoperit comportamentul normal și cel în caz de erori pe sarcină. Modelele și interacțiunea funcțiilor la nivel de sistem stau la baza propunerii unei arhitecturi funcționale, astfel încât să asigure integritatea conformității funcționale, satisfacerea reglementărilor ECE, dar și o adaptabilitate crescută, fiind mai ușor de integrat pe sisteme avansate de control de tip ADAS, fapt identificat din analiza literaturii de specialitate în *capitolul 2*.

Managementul și structura de dezvoltare a sistemului a fost propus de asemenea în *capitolul 4*, fiind un rezultat al cercetării literaturii de specialitate din *capitolul 1*. Structura de dezvoltare, când avem un client și un producător, pentru echipamentele de iluminat, aduc constrângeri interdisciplinare sensibile, astfel modelul este orientat să crească agilitatea și segregarea dependențelor dintre partea hardware și cea software.

Optimizarea topologiei de control pentru iluminatul frontal și iluminatul spate a fost analizată în *capitolul 5*. Am creat un model de referință, bazat pe literatura și cercetarea disponibilă, astfel am identificat optimizări ce sunt aduse pentru sistemul de iluminat. Modelul de referință a fost creat prin adăugarea unor etaje de conversie cascade pentru a controlul sarcinii, aceste etaje de conversie au fost de tip buck și boost pentru iluminatul frontal, iar pentru cel din zona spate, conversie liniară. Am analizat diversele comportamente ale sistemului pentru observarea comportamentului acestui la diverse tensiuni de alimentare, de unde am extras probleme și optimizări pentru acest sistem. Pentru identificarea optimizărilor am analizat comportamentele statice și dinamice. Metoda aceasta a ajutat la referențierea problemelor ce sunt întâmpinate, atât pentru echipamente ce utilizează buck-boost dar și pentru cele liniare. Această analiză a dus și la soluția de a renunța la buck-ul dedicat al luminii de drum și efectuarea unui bi-pass pentru funcția de iluminat, pentru a câștiga 8% în eficiență și reducând necesarul de componente pentru sistem, pe larg descrisă în *sub-capitolul 5.2.1*. Realizarea acestei metode noi, prin minimizarea numărului de buck-uri, duce la micșorarea costurilor sistemului cu aproape 10% din estimări, un beneficiu

ridicat, dar aduce și un dezavantaj pentru constrângerea activării independente a luminii de drum față de lumina de întâlnire.

Utilitatea modelelor dezvoltate, pot pune baza creșterii eficienței electrice atât pentru autovehiculele ce au motoare cu combustie internă cât și pentru cele electrice ori hibrid. Eficiența sistemului de iluminat, reduce nivelul de CO₂, greutatea vehiculului dar și o stabilitate la nivel de sistem mai ridicată. În *sub-capitolul 5.2*, am propus un nou model de control și comandă pentru sistemul de iluminat frontal, prin utilizarea a două rețele de alimentare, pentru maximizarea eficienței electrice. Noul model constă în utilizarea unei punți de tip H pentru luminile de drum și de întâlnire, reutilizând optimizările anterioare identificate în teză, și montarea acestora pe rețeaua de 48V. A doua rețea de alimentare de 14V, deservește luminile de zi și de semnalizare, astfel întreg sistemul, atinge o eficiență electrică cu 15% mai ridicată față de sistemul convențional.

Pentru iluminatul spate, am identificat o metodă de optimizare pentru diagnoza acestor lumini, soluție ce este aplicabilă pentru orice sursă de iluminat, modelul fiind prezent pentru cele cu unitate de control liniară. Pentru acest mod de diagnoză și metoda de a transmite la nivel de arhitectură erorile, nu are la bază studii din literatura de specialitate, și a fost proiectat pe baza încercărilor și descoperirilor din cadrul simulărilor.

Fiecare metodă studiată și explicată în prezenta lucrare, a generat și un articol publicat și acceptat de comunitate.

BIBLIOGRAFIE

1. Cheng, Y.K. & Cheng, K.W.E.. (2006). General Study for using LED to replace traditional lighting devices. 2006 2nd International Conference on Power Electronics Systems and Applications, ICPEA. 173 - 177. 10.1109/PESA.2006.343093.
2. Liao, Z.; Ruan, X. Present status and developing trend of the semiconductor lighting. Trans. China Electrotech. Soc. 2006, 21, 106–111.
3. Marty, C.; Howard, C.; Ken, M. Solid-state lighting: The new normal in lighting. IEEE Trans. Ind. Appl. 2015, 51, 109–119.
4. Sun, C.C.; Ma, S.H.; Nguyen, Q.K. Advanced LED Solid-state Lighting Optics. Crystals 2020, 10, 758.
5. E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes, 2nd ed. Cambridge, U.K.: Cambridge Univ. Press, 2006.
6. G. Sauerlander, D. Hente, H. Radermacher, E. Waffenschmidt, and J. Jacobs, “Driver electronics for LEDs,” in Conf. Rec.
7. H. Sun, T. Nakane, N. Zhang and C. Zhang, "Evolutionary Rear-Lamp Tracking at Nighttime," in IEEE Access, vol. 9, pp. 86667-86676, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3087238.
8. Ying, S.-P.; Chen, B.-M.; Fu, H.-K.; Yeh, C.-Y. Single Headlamp with Low- and High-Beam Light. Photonics 2021, 8, 32. <https://doi.org/10.3390/photonics8020032>
9. Arias, Manuel & Vazquez, Aitor & Sebastián, Javier. (2012). An overview of the AC-DC and DC-DC converters for LED lighting applications. Automatika – Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications. 53. 10.7305/automatika.53-2.154.
10. Raicu, C. C., Seritan, G. C., & Enache, B. A. (2023). Power LED efficiency for automotive headlights. EMERG: Energy. Environment. Efficiency. Resources. Globalization, 9(2). DOI: 10.37410/EMERG.2023.2.07
11. Seritan, G. C., Raicu, C. C., & Enache, B. A. (2023). Single-Wire Control and Fault Detection for Automotive Exterior Lighting Systems. Sensors, 23(14), 6521. WOS:001039842200001
12. Raicu, C.-C.; Seritan, G.-C.; Enache, B.-A.; Stănculescu, M. Development Approach Model for Automotive Headlights with Mixed Delivery Methodologies over APQP Backbone. Appl. Sci. 2021, 11, 10581, WOS:000725460900001
13. Hohl, Philipp & Ghofrani, Javad & Münch, Jürgen & Stupperich, Michael & Schneider, Kurt. (2017). Searching for Common Ground: Existing Literature on Automotive Agile Software Product Lines. 10.1145/3084100.3084109.
14. Advanced Product Quality Planning and Control Plan – Reference manual, 2nd, Chrysler motor company- Ford Motor Company- Generals Motors Corporation, (2017, 04, 20)
15. Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation, Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan (Reference Manual, 1995).
16. J. Gausemeier, S. Moehring, VDI 2206- A New Guideline for the Design of Mechatronic Systems, IFAC Proceedings Volumes, Volume 35, Issue 2, 2002, Pages 785-790, ISSN 1474-6670
17. Automotive lamp guide [Online]. Available: <https://www.bulbamerica.com/pages/automotive-lamp-guide>
18. Lighting Technologies [Online]. Available: https://energypedia.info/images/f/f7/Lighting_technologies.pdf
19. M. M.A.S. Mahmoud, ‘Economic Applications for LED Lights in Industrial Sectors’, Light-Emitting Diodes and Photodetectors - Advances and Future Directions [Working Title]. IntechOpen, Jan. 11, 2021. doi: 10.5772/intechopen.95412
20. HID High Intensity Discharge [Online]. Available: <https://www.bulbs.com/learning/hid.aspx>
21. CIE1931 Chromaticity Diagram [Online]. Available: <http://www.ledtronics.com/html/1931ChromaticityDiagram.htm>
22. Luxeon LED Datasheet [Online]. Available: <https://www.lumileds.com/uploads/610/DS109-pdf>
23. C-C. Raicu, G-C. Seritan, B-A. Enache, 48 V network adoption for automotive lighting systems, RRST. et Énerg. Vol. 66, 4, pp. 231–236, Bucarest, 2021. WOS:000754884700004

24. Pradhan, A. (2011, December). Current trends in automotive wire harness design. In Proceedings of the International Conference on Mechanical, Production and Automobile Engineering (ICMPAE'2011), Pattaya, Thailand (pp. 28-29).
25. Trommnau, J., Kühnle, J., Siegert, J., Inderka, R., & Bauernhansl, T. (2019). Overview of the state of the art in the production process of automotive wire harnesses, current research and future trends. *Procedia CIRP*, 81, 387-392.
26. Lin, C. W., Rao, L., Giusto, P., D'Ambrosio, J., & Sangiovanni-Vincentelli, A. L. (2015). Efficient wire routing and wire sizing for weight minimization of automotive systems. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, 34(11), 1730-1741.
27. G. Toney and C. Bhargava, "Adaptive Headlamps in Automobile: A Review on the Models, Detection Techniques, and Mathematical Models," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 87462-87474, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3088036.
28. Fei Chen, Kai Wang, Zong Qin, Dan Wu, Xiaobing Luo, and Sheng Liu, "Design method of high-efficient LED headlamp lens," *Opt. Express* 18, 20926-20938 (2010)
29. Mügge, M. & Hohmann, C. (2016). Signal lights – designed light for rear lamps and new upcoming technologies: innovations in automotive lighting. *Advanced Optical Technologies*, 5(2), 117-128. <https://doi.org/10.1515/aot-2015-0061>
30. Halogen to intelligent-the evolution of lighting technology [Online]. Available: <https://www.automotive-iq.com/events-iqpc-automotive-lighting/downloads/jaguar-land-rover-presentation-halogen-to-intelligent-the-evolution-of-lighting-technology>
31. B. Anton et al, methods of maximizing power efficiency for hybrid vehicles, *RRST*. Vol. 64, 1, pp. 57–62, Bucarest, 2019
32. J. Garcia, M. A. Dalla-Costa, J. Cardesin, J. M. Alonso, and M. Rico-Secades, “Dimming of high-brightness LEDs by means of luminous flux thermal estimation,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 4, pp. 1107–1114, Apr. 2009.
33. Y. Cho and J. Kim, "Lifetime Decrease of Halogen Lamps for Automotive by Duty Cycle Stress," in *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 60, no. 3, pp. 550-556, Sept. 2011, doi: 10.1109/TR.2011.2135730.
34. X. -X. Wang, L. Jing, Y. Wang, Q. Gao and Q. Sun, "The Influence of Junction Temperature Variation of LED on the Lifetime Estimation During Accelerated Aging Test," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 4773-4781, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2885578.
35. Hocenski, Zeljko & Keser, Tomislav & Nenadic, Kresimir. (2007). Distributed intelligent control of car lighting system with fault detection. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*. 498 - 503. 10.1109/IECON.2007.4460169.
36. Chen, Y.; Ahmadi, A.; Ahamed, M.J., Optimizing Non-Glare Zone Width of Adaptive Driving Beam (ADB) Using Fuzzy Logic Control. *Appl. Sci.* 2021, 11, 8840. <https://doi.org/10.3390/app11198840>
37. Orlovska, J., Wickman, C., & Soderberg, R. (2020). The use of vehicle data in adas development, verification and follow-up on the system. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, 1, 2551-2560. doi:10.1017/dsd.2020.322
38. Lee, Jun Ho, Byeon, Jina, Go, Dong Jin, & Park, Jong Ryul. (2017). Automotive Adaptive Front Lighting Requiring Only On/Off Modulation of Multi-array LEDs. *Current Optics and Photonics*, 1(3), 207–213. <https://doi.org/10.3807/COPP.2017.1.3.207>
39. Shanker, Shreejith. (2016). Enhancing Automotive Embedded Systems with FPGAs. 10.13140/RG.2.1.4001.1768.
40. Presentation of the future trends in automotive headlamp systems[Online] Available: <https://www.automotive-iq.com/events-iqpc-automotive-lighting/downloads/presentation-on-the-future-trends-in-automotive-headlamp-systems>
41. Jaguar-Land-Rover presentation halogen to intelligent, the evolution of lighting technology[Online] Available: <https://www.automotive-iq.com/events-iqpc-automotive-lighting/downloads/jaguar-land-rover-presentation-halogen-to-intelligent-the-evolution-of-lighting-technology>

42. *M. Lucanu, O. Ursaru, C. Aghion, N. Lucanu*, efficient high frequency single-phase ac chopper, RRST. Vol. 64, 1, pp. 69–74, Bucurest, 2019
43. *J. M. Alonso, J. Vina, D. G. Vaquero, G. Martinez and R. Osorio*, "Analysis and Design of the Integrated Double Buck–Boost Converter as a High-Power-Factor Driver for Power-LED Lamps," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 59, no. 4, pp. 1689-1697, April 2012, doi: 10.1109/TIE.2011.2109342.
44. *Q. Hu and R. Zane*, "LED driver circuit with series-input-connected converter cells operating in continuous conduction mode," IEEE Trans. Power Electron., vol. 25, no. 3, pp. 574–582, Mar. 2010.
45. *Wenrui Yan, Bingxian Hao, Meijuan Ma, Yun Wang*, Design of a high-voltage resistant and highly reliable LDO for automotive applications, IEICE Electronics Express, 2022, 19 卷, 21 号, p. 20220408.
46. *Sayers, M. and Duszkievicz, A.*, "Performance Considerations for LED Automotive Signal Lamps," SAE Technical Paper 2002-01-0381, 2002, <https://doi.org/10.4271/2002-01-0381>.
47. Lighting systems from light to advanced vision technologies[Online] Available: https://www.dalroad.com/wp-content/uploads/2015/06/lighting_systems_from_light_to_advanced_vision_technologies_technical_handbook_valeoscope_en_998542_web.pdf.
48. *Noble, I. E.* (1994). Electromagnetic compatibility in the automotive environment. IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology, 141(4), 252-258.
49. *V. Rodriguez*, "Automotive component EMC testing: CISPR 25, ISO 11452–2 and equivalent standards," in IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine, vol. 1, no. 1, pp. 83-90, First Quarter 2012, doi: 10.1109/MEMC.2012.6244955.
50. *M. O'Hara and J. Colebrooke*, "Automotive EMC test harnesses: standard lengths and their effect on conducted emissions," 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2003. EMC '03., Istanbul, Turkey, 2003, pp. 233-236 Vol.1, doi: 10.1109/ICSMC2.2003.1428237.
51. *H. Rakouth, C. Cammin, L. Comstock and J. Ruiz*, "Automotive EMC: Key Concepts for Immunity Testing," 2007 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Honolulu, HI, USA, 2007, pp. 1-7, doi: 10.1109/ISEMC.2007.168.
52. *Kuryło, K.; Sabat, W.; Klepacki, D.; Kamuda, K.* Comparison of Two Measurement Methods for the Emission of Radiated Disturbances Generated by LED Drivers. Energies 2022, 15, 9372. <https://doi.org/10.3390/en15249372>.
53. *B. Wang, X. Ruan, K. Yao, and M. Xu*, "A method of reducing the peak-to-average ratio of LED current for electrolytic capacitor-less ac–dc drivers," IEEE Trans. Power Electron., vol. 25, no. 3, pp. 592–601, Mar. 2010.
54. Automotive Cranking Pulses [Online] Available: <http://www.flexautomotive.net/CEMFLEXBLOG/post/2015/09/10/automotive-cranking-pulse>
55. *Zhu, Hailong & Zhou, Wei & Li, Zhiheng & Li, Li & HUANG, Tao.* (2021). Requirements-Driven Automotive Electrical/Electronic Architecture: A Survey and Prospective Trends. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2021.3093077.
56. *Moon-Hwan Chang, Diganta Das, P.V. Varde, Michael Pecht*, "Light emitting diodes reliability review", Microelectronics Reliability, Volume 52, Issue 5, 2012, Pages 762-782, doi: 10.1016/j.microrel.2011.07.063.
57. *Y. X. Qin and S. Y. R. Hui*, "Comparative study on the structural designs of LED devices and systems based on the general photo-electrothermal theory," IEEE Trans. Power Electron., vol. 25, no. 2, pp. 507–513, Feb. 2010.
58. *S. Y. Hui and Y. X. Qin*, "A general photo-electro-thermal theory for light emitting diode (LED) systems," IEEE Trans. Power Electron., vol. 24, no. 8, pp. 1967–1976, Aug. 2009.
59. Bosch, "Design Requirements for Automotive Reliability," 08 Jul 2006. [Online]. Available: http://www-g.eng.cam.ac.uk/robuspig/pub_present/ESSDERC06/6-ROBUSPIC-Workshop-ESSDERC06-VVonTils.pdf. [Accessed Aug 2018].

60. J. Hokka, T. T. Mattila, H. Xu, “Thermal Cycling Reliability of Sn-Ag-Cu Solder Interconnections. Part 1: Effects of Test Parameters”, Journal of ELECTRONIC MATERIALS, Vol. 42, No. 6, 2013
61. Xi, J., Wang, X., Tao, Z., Lu, H., Wah, C. C., TawMing, L., ... & Liang, T. (2022, August). Enhanced Thermal Stress Reliability of Photodetector Devices Based on Thermal-Mechanical Simulation and Temperature Cycling Experiments. In 2022 23rd International Conference on Electronic Packaging Technology (ICEPT) (pp. 1-6). IEEE.
62. ***AEC-Q102 “ Failure mechanism based stress test qualification for discrete optoelectronic semiconductors in automotive applications” (2017). [Online]. Available: http://www.aecouncil.com/Documents/AEC-Q102_Rev_A.pdf
63. *** Automotive Electronics Council [Online]. Available: <http://www.aecouncil.com/>
64. Zhang Xinbo et al, Functional safety in automotive electronics, IJSSST - International Journal of Simulation Systems, Science & Technology, Vol. 17, 27, pp. 27, Shangai, 2016, DOI 10.5013/IJSSST.a.17.27.27
65. Z. Hocenski, T. Keser and K. Nenadic, "Distributed intelligent control of car lighting system with fault detection," IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2007, pp. 498-503, doi: 10.1109/IECON.2007.4460169.
66. HITFET – BTS3050EJ Datasheet, Infineon. [Online]. Available: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-BTS3050EJ-DS-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d462576f34750157be8fab3b43ce
67. ***"ISO/DIS 26262", Road Vehicles - Functional safety, 2018.
68. Automotive lighting: from “Vision” to “Driving Assistance” press release, Yole [Online]. Available: http://www.yole.fr/iso_upload/News/2020/PR_AFLS_From_Lighting_to_ADAS_YOLE_April2020.pdf
69. Automotive Lighting: Technology, Industry, and Market Trends - 2016 Report by Yole Developpement [Online]. Available: https://www.slideshare.net/Yole_Developpement/automotive-lighting-technology-industry-and-market-trends-2016-report-by-yole-developpement
70. Uniform provisions concerning the approval of adaptive front-lighting systems (AFS) for motor vehicles [Online]. Available: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2016/R123r2e.pdf>
71. Automotive Adaptive Front-lighting System Reference Design, Texas Instruments [Online]. Available: https://www.ti.com/lit/ug/spruhp3/spruhp3.pdf?ts=1594129711619&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
72. Matrix LED Headlights: Redefine Adaptive Front-lighting With Smart High Beam Technology [Online]. Available: <https://www.manufacturer.lighting/info/162/>
73. Datasheet Texas Instruments - LP8867C-Q1, LP8869C-Q1 Low EMI Automotive LED Driver with 4-, 3- Channels [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lp8867c-q1.pdf?ts=1647814499246>
74. Automotive Light Sources (headlights) [Online]. Available : https://www.fh-muenster.de/ciw/downloads/personal/juestel/juestel/Automotive_Light_Sources_MalteWantjer_.pdf
75. The automotive technology and automotive platform [Online]. Available: <https://www.kfztech.de/>
76. HEADLIGHTS [Online]. Available: <https://www.hella.com/techworld/ae/Technical/Automotive-lighting/Headlights-219/>
77. ***UNECE R48 [Online]. Available: <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R048r12e.pdf>
78. Bielawny, Andreas. "Reflectors in lighting design: Reflector-based non-imaging optics for lighting applications" Advanced Optical Technologies, vol. 8, no. 6, 2019, pp. 469-481. <https://doi.org/10.1515/aot-2018-0052>
79. Kumawat, Aditya & Thakur, Amrit. (2017). A Comprehensive Study of Automotive 48-Volt Technology. International Journal of Mechanical Engineering. 4. 13-20. 10.14445/23488360/IJME-V4I5P103. (2019)

80. 48 V/12 V Dual Battery Automotive Systems Require Bi-Directional DC/DC Controllers for Optimum Performance By Bruce Haug, Senior Product Marketing Engineer, Linear Technology [Online]. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/technical-articles/P395_EN-Automotive.pdf.
81. Worldwide Emission Standards and Related Regulations Passenger Cars / Light and Medium Duty Vehicles May 2019 [Online]. Available: https://www.continental-automotive.com/getattachment/8f2dedad-b510-4672-a005-3156f77d1f85/EMISSIONBOOKLET_2019.pdf
82. Xiaodong Zhang, K. T. Chau, and C. C. Chan, " Overview of Power Networks in Hybrid Electric Vehicles," in Journal of Asian Electric Vehicles, Volume 8, Number 1, June 2010.
83. G. Livinț, V. Horga, M. Rățoi, and M. Albu, "Control of Hybrid Electrical Vehicles", in Electric Vehicles - Modelling and Simulations. London, United Kingdom: IntechOpen, 2011 [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/chapters/19573> doi: 10.5772/16637
84. Navale, V., Williams, K., Lagospiris, A., Schaffert, M. et al., "(R)evolution of E/E Architectures," SAE Int. J. Passeng. Cars – Electron. Electr. Syst. 8(2):282-288, 2015, <https://doi.org/10.4271/2015-01-0196>.
85. A. Frigerio, B. Vermeulen and K. G. W. Goossens, "Automotive Architecture Topologies: Analysis for Safety-Critical Autonomous Vehicle Applications," in IEEE Access, vol. 9, pp. 62837-62846, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3074813.
86. Bandur, V., Pantelic, V., Dawson, M., Schaap, A. et al., "A Domain-Centralized Automotive Powertrain E/E Architecture," SAE Technical Paper 2021-01-0786, 2021, <https://doi.org/10.4271/2021-01-0786>.
87. S. Sommer et al., "RACE: A Centralized Platform Computer Based Architecture for Automotive Applications," 2013 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC), Santa Clara, CA, USA, 2013, pp. 1-6, doi: 10.1109/IEVC.2013.6681152.
88. V. Bandur, V. Pantelic, T. Tomashevskiy and M. Lawford, "A Safety Architecture for Centralized E/E Architectures," 2021 51st Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W), Taipei, Taiwan, 2021, pp. 67-70, doi: 10.1109/DSN-W52860.2021.00022.
89. D. Wang and S. Ganesan, "Automotive Domain Controller," 2020 International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT-1441), Tabuk, Saudi Arabia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICCIT-144147971.2020.9213824.
90. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 6th ed., Project Management Institute, Newton Square, PA, 2017.
91. Fișa de catalog pentru boost [Online]. Available: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/3782afc.pdf>
92. Fișa de catalog pentru buck-uri [Online]. Available: https://www.st.com/resource/en/data_brief/steval-ill089v1.pdf
93. Fișa de catalog pentru LED-uri [Online]. Available: <https://lumileds.com/wp-content/uploads/files/DS158.pdf>