

CĂLIN ICLODEAN

Introducere în sistemele autovehiculelor

RISOPRINT
Cluj-Napoca

Călin ICLODEAN

Introducere în sistemele autovehiculelor



Toate drepturile rezervate autorilor & Editurii Risoprint

*Editura **RISOPRINT** este recunoscută de C.N.C.S.
(Consiliul Național al Cercetării Științifice).
www.risoprint.ro www.cncs-uefiscdi.ro*



Opiniile exprimate în această carte aparțin autorilor și nu reprezintă punctul de vedere al Editurii Risoprint. Autorii își asumă întreaga responsabilitate pentru forma și conținutul cărții și se obligă să respecte toate legile privind drepturile de autor.

Toate drepturile rezervate. Tipărit în România. Nicio parte din această lucrare nu poate fi reprodușă sub nicio formă, prin niciun mijloc mecanic sau electronic, sau stocată într-o bază de date fără acordul prealabil, în scris, al autorilor.

All rights reserved. Printed in Romania. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the author.

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
ICLODEAN, CĂLIN**

Introducere în sistemele autovehiculelor / Călin Iclodean.
- Cluj-Napoca : Risoprint, 2023
ISBN 978-973-53-2991-4

629

Director editură: GHEORGHE POP

Tehnoredactare: CĂLIN ICLODEAN

Design copertă: CRISTINA VOMASTEK

Tiparul executat la:

ROPRINT®

400 188 Cluj-Napoca • Str. Cernavodă nr. 5-9
Tel./Fax: **0264-590651** • roprint@roprint.ro



Despre autor



Călin ICLODEAN

Conferențiar Doctor Inginer

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, România
Facultatea de Autovehicule Rutiere, Mecatronică
și Mecanică

Departamentul de Autovehicule Rutiere și
Transporturi

<https://calin.co.ro/>

calin.iclodean@auto.utcluj.ro

calin.iclodean@campus.utcluj.ro



@caliniclodean



@caliniclodean



Cuvânt înainte

Cum am putea să începem să vorbim despre un automobil în anul 2023 când în fiecare zi un nou concept sau un nou modul de comandă sau control este brevetat? Cum să calificăm un automobil modern când tot ce era valabil acum o lună este înlocuit de un algoritm nou de control versiunea 2.17.3/9? Care să fie principiile după care evaluăm complexitatea unui automobil, mai sunt valabile principiile de acum 5 ani, oare peste 5 ani referințele de evaluare au să fie similare, există oare posibilitatea de a cuprinde în timp mecanismele și principiile de evaluare ale momentului? Prezentul curs își dorește să surprindă printr-o radiografie a momentului principii, concepte și soluții specifice unor componente și module ce au trecut proba tipului prin transformări și modernizări succesive.

De ce un cuvânt înainte și de ce trebuie să vorbim despre un curs care în mod natural se descoperă citit fiind? Aș vrea ca cei care citesc aceste rânduri să perceapă aceste paragrafe drept o carte de vizită, ce are să indice nu doar autorul și adresabilitatea acestuia, ci mai mult, drept o formă particulară și rafinată a unei metode de prezentare a unor fenomene complexe disecate pentru ca misterul din jurul lor să fie desfășurat cititorului.

O spun răspicat- automobilul nu mai aparține unei sigure ramuri de inginerie, ci aparține acelor ramificații ale științei indiferent de domeniu care interacționează prin orice mijloace cu mobilitate persoanelor și a bunurilor! Avem o linie directoare, avem o direcție, avem o paradigmă după care ne ghidăm în proiectarea acestui produs, cu siguranță, dar direcția și multitudinea de variabile se întrepătrund și produc unul dintre cele mai apreciate și iubite produse concepute de mintea umană- vectorul liber de mișcare.

Ce este în spatele acestei libertăți de mișcare și de ce transformarea acestuia în acești ultimi ani a fost atât de dramatică, ce este în spatele acestor performanțe, configurații, sisteme și sub-sisteme, reprezintă tocmai ce autorul acestui curs urmează să prezinte. Amintind de autor, trebuie menționat faptul că doar un cercetător complex, înzestrat cu competențe multi și transdisciplinare poate să aibă capacitatea de surprinde atât de elocvent fenomene din sfere ingineresti atât de diferite. Un asemenea caracter complex se formează în ani de studiu, în ani de muncă asiduă în cercetare și în mii de ore petrecute în lumea virtuală a simulării fenomenelor complexe.



Revenind la conținutul acestei veritabile monografii, constat cu mare plăcere că nu există zone gri sau care să fi scăpat analizei autorului, fiecare subiect sau temă ce este prezentată surprinde în mod mai mult decât coerent, cu un limbaj tehnic asumat o întreagă pleiadă de idei, concepte, metode și abordări cu precădere moderne, fiind în mod evident ancorate în platformele IT consacrate, dar elementul de distincție este furnizat de coerența cu care capitolele, în mod armonios se întrepătrund și fac loc acelor informații pe care următorul capitol se susține.

Controlul este liantul, unitățile electronice sunt fundamentul, rețelele de comunicare sunt vasele comunicante, iar standardizarea reprezintă mecanismul de validare al proceselor ce se întrepătrund într-un complex și sinuos model de prezentare al uneia dintre cele mai complexe monografii din domeniul ingineriei autovehiculelor.

Privesc acest manuscris precum un ghid de descoperire a celor mai tainice și ascunse comori ale mecanismelor de decizie ale celor mai fine și mai sensibile dintre elementele care dau valoare unui automobil. E precum risipirea unei ceți a cunoașterii, ridicate pe fondul unei lumini ce provine din descoperirea fiecărei pagini de către cei ce cu extrem de multă sete de cunoaștere au să acumuleze filă cu filă, concept cu concept, model cu model, principiile profunde care stau la baza a ceea ce reprezintă un automobil ce actualmente se califică inteligent.

Nu există moment mai relevant decât acele momente când silogisme devin vii și pline de conținut, când sinapsele înnoadă o nouă legătură, iar când aceste momente sunt bazate pe cunoașterea provenită din studiul individual și platformele educaționale, menirea profesorului este atinsă.

Această monografie își va dovedi utilitatea tocmai în acele momente, când cel care este aproape de cunoaștere dorește să o definitiveze, iar conținutul tehnic al acestor pagini are să producă celui care o să studieze cu atenție aceste rânduri un sentiment de apartenență la cunoaștere, un sentiment de împlinire inginerească furnizat de satisfacția lămuririi pe deplin a unor noțiuni privite de mult prea multe ori cu teamă și respingere.

Citiți, înțelegeți și acumulați informații, iar transformarea voastră prin cunoaștere are să fie o certitudine!

Cluj-Napoca,
Ianuarie 2023

Prof.dr.habil.ing.
Bogdan Ovidiu VARGA



Introducere

Atunci când îmi prezint topicul cursurilor mele studenților de la ingineria autovehiculelor și ingineria transporturilor, de obicei încep cu întrebarea: „câți ingineri în domeniul autovehiculelor și în domeniul transporturilor cunoașteți?”.

Răspunsul auditoriului este invariabil același: unii cunosc câțiva, alții câteva zeci, colegii mei, cadre didactice cunosc sute, sau chiar mii de ingineri în domeniul autovehiculelor și în domeniul transporturilor, absolvenți ai facultăților de profil din toată țara.

Întreb din nou: „dintre acești ingineri, câți specialiști în Embedded Systems, în Electric/Hybrid Vehicles, în Fuel Cell Vehicles, în Autonomous Driving, sau în Advanced Simulation Technologies cunoașteți?”. Din păcate sunt puține persoane care pot să răspundă la această întrebare...

Această carte se adresează nu doar inginerilor absolvenți ai specializărilor de autovehicule și transporturi, se adresează și inginerilor care provin din alte domenii ingineresti: calculatoare, electronică, mecanică, absolvenților care provin de la facultățile de fizică, chimie, matematică, științele mediului și alte specializări. Toți cei care folosesc această carte au oportunitatea de a-și dezvolta aptitudinile într-o abordare modernă și actuală a domeniului automotive.

Cartea este structurată pe zece capitole care tratează printr-o abordare multi și interdisciplinară noțiunile introductive în sistemele autovehiculelor de la descrierea Embedded Systems la metodologia de dezvoltare a unui Virtual Model pentru un autovehicul.

Capitolul 1 prezintă descrierea generală pentru Embedded System în general, respectiv pentru Electronic Control Unit în particular, un complex de module electronice utilizate pentru comanda și controlul unor parametrii ce definesc un proces în legătură directă cu regimul de funcționare al motorului/autovehiculului.

Capitolul 2 prezintă principalele unități de control care fac parte din Powertrain and Transmission Domain sau domeniul care conține sistemul de propulsie și sistemul de transmisie, domeniu format dintr-un ansamblu de componente care asigură deplasarea autovehiculului.



Introducere

Capitolul 3 prezintă principalele unități de control care fac parte din Chassis and Safety Domain sau domeniul care conține sistemele de siguranță activă și pasivă care au rolul de a oferi asistență conducătorului auto în controlul autovehiculului.

Capitolul 4 prezintă principalele unități de control care fac parte din Body and Comfort Domain sau domeniul care conține sistemele de confort și conveniență dintr-un autovehicul.

Capitolul 5 prezintă principalele unități de control care fac parte din Infotainment Domain sau domeniul care conține sistemele de divertisment și informare a conducătorului auto și a pasagerilor autovehiculului.

Capitolul 6 prezintă principalele unități de control care fac parte din Telematics Domain sau domeniul care gestionează tehnologia de comunicație bazată pe schimbul de informații între autovehiculele inteligente și/sau infrastructura inteligentă prin intermediul rețelelor de comunicație mobile.

Capitolul 7 prezintă principalele rețele de comunicație utilizate în sectorul automotive atât din punct de vedere a arhitecturii constructive, cât și din punct de vedere a protocolului de comunicație: LIN (Local Interconnect Network), CAN (Controller Area Network), FlexRay, MOST (Media Oriented System Transport) respectiv Ethernet for Automotive.

Capitolul 8 prezintă o introducere în AUTOSAR, o arhitectura software deschisă, utilizată în proiectarea Electronic Control Unit, arhitectură organizată pe nivele grupate într-o platformă software în care se pot integra componente software provenite de la diverși producători, astfel încât acestea să poată folosi în comun resursele unui microcontroler.

Capitolul 9 prezintă metodologia de dezvoltare a Virtual Models utilizate în simulările computerizate și realizate cu ajutorul unor aplicații software care au drept scop transpunerea modelului real de autovehicul într-un model virtual de autovehicul în condițiile stabilirii limitelor maxime până la care se pot îmbunătăți performanțele acestor modele în condițiile păstrării stării de echilibru.

Capitolul 10 prezintă V-Cycle sau diagrama V care descrie ciclul de proiectare-dezvoltare-implementare de la un model virtual la un model real de sistem/autovehicul prin reprezentarea aplicațiilor de control încorporate, respectiv prin urmărirea evoluției în timp a principalelor etape de dezvoltare.

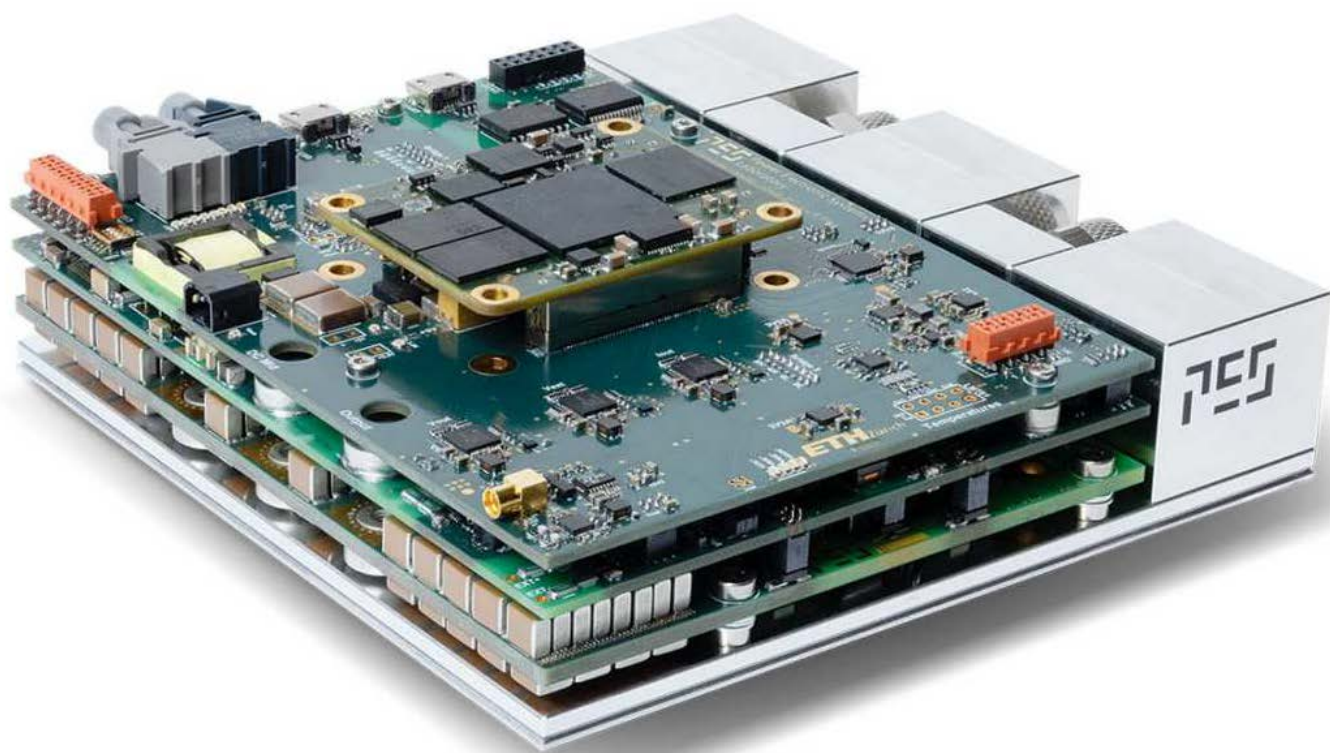
În final, vreau să transmit un îndemn pentru toți studenții care citesc aceste rânduri: nu uitați, dacă ciclul de licență vă pregătește să deveniți ingineri în domeniile pe care le-ați ales, ciclul de masterat vă pregătește să deveniți specialiști în domeniile de interes.

Cluj-Napoca,
Ianuarie 2023



Capitolul 1

Sisteme electronice de comandă și control pentru autovehicule



Cuprins

Capitolul 1 Sisteme electronice de comandă și control pentru autovehicule

Cuprins	11
Abrevieri	13
(1.1) Unitatea electronică de control	17
(1.2) Sisteme încorporate	27
(1.3) Managementul motorului cu ardere internă	30
(1.4) Senzori și actuatoare	34
(1.5) Controlul în buclă	40
(1.6) Arhitectura hardware	42
(1.7) Arhitectura software	52
(1.8) Interconectarea unităților de control	58
Bibliografie	61



Abrevieri

ABS	Anti-lock Braking System
AC	Air Conditioning
ACC	Adaptive Cruise Control
ACU	Airbag Control Unit
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADC	Analog to Digital Converter
ADS	Autonomous Driving System
A/F	Air/Fuel
AI	Artificial Intelligence
ALU	Arithmetic and Logic Unit
AUTOSAR	AUTomotive Open System Architecture
BCU	Body Control Unit
BCU*	Braking Control Unit
BSD	Blind Spot Detection
CAN	Controller Area Network
CCU	Central Communication Unit
CGU	Central Gateway Unit
CPU	Central Processing Unit
CR	Common Rail
DAC	Digital to Analog Converter
DCU	Denoxtronic Control Unit
DMA	Direct Memory Access
DSP	Digital Signal Processor
ECU	Electronic Control Unit



Capitolul 1 Sisteme electronice de comandă și control

ECU*	Engine Control Unit
E/E	Electrical/Electronic Architecture
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory
EPS	Electric Power Steering
ESP	Electronic Stability Programme
FC-ECU	Fuel Cell Control Unit
FCTA	Forward Cross Traffic Alert
GHG	Green House Gas
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communication
HCU	Hybrid Drivetrain Control Unit
HEV	Hybrid Electric Vehicle
HFPLL	High Frequency Phase Locked Loop
HMI	Human Machine Interface
HUD	Head-Up Display
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
ICC	Instrument (Cluster) Classic Cockpit
ICE	Internal Combustion Engine
I/O	Input/Output
IPO	Input-Process-Output
IRA	Infotainment Radio Architecture
ITS	Intelligent Transport System
IVC	Instrument (Cluster) Virtual Cockpit
LCA	Lane Change Assist
LCU	Lighting Control Unit
LIN	Local Interconnect Network
LTE	Long-Term Evolution
MAC	Motor cu Aprindere prin Comprimare



Capitolul 1 Sisteme electronice de comandă și control

MAS	Motor cu Aprindere prin Scânteie
MCU	Microcontroller Unit
MOST	Media Oriented Systems Transport
NIC	Network Interface Controller
OS	Operating System
OTA	Over The Air
PAS	Parking Assistance System
PWM	Pulse Width Modulation
RAC	Rotație Arbore Cotit
RAM	Random Access Memory
RCTA	Rear Cross Traffic Alert
ROHR	Rate Of Heat Release
RT	Real Time
RTOS	Real Time Operating System
RVF	Radar Video Fusion
SOA	Service-Oriented Architecture
TCU*	Telematics Control Unit
TCU	Transmission Control Unit
TPMS	Tire Pressure Monitoring System
UAS	Ultrasonic Assistance System
USB	Universal Serial Bus
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2P	Vehicle-to-Pedestrian
V2X	Vehicle-to-Everything
V2V	Vehicle-to-Vehicle
VCU	Vehicle Control Unit
WDS	Windows, Doors, Seats
WLAN	Wireless Local Area Network



(1.1) Unitatea electronică de control

Electronic Control Unit (ECU) sau unitatea electronică de control (figura 1.1) este un complex de module electronice utilizate pentru comanda și controlul unor parametrii ce definesc un proces, în legătură directă cu regimul de funcționare al motorului/autovehiculului. Pentru un regim OPTIM de funcționare, puterea dezvoltată de motor să fie maximă (Maximum Power), cu un consum minim de combustibil / energie (Minimum Fuel / Energy Consumption) și pentru o cantitate de emisii poluante în conformitate cu normele de poluare în vigoare (EURO Standard Pollutant Emissions) [1].

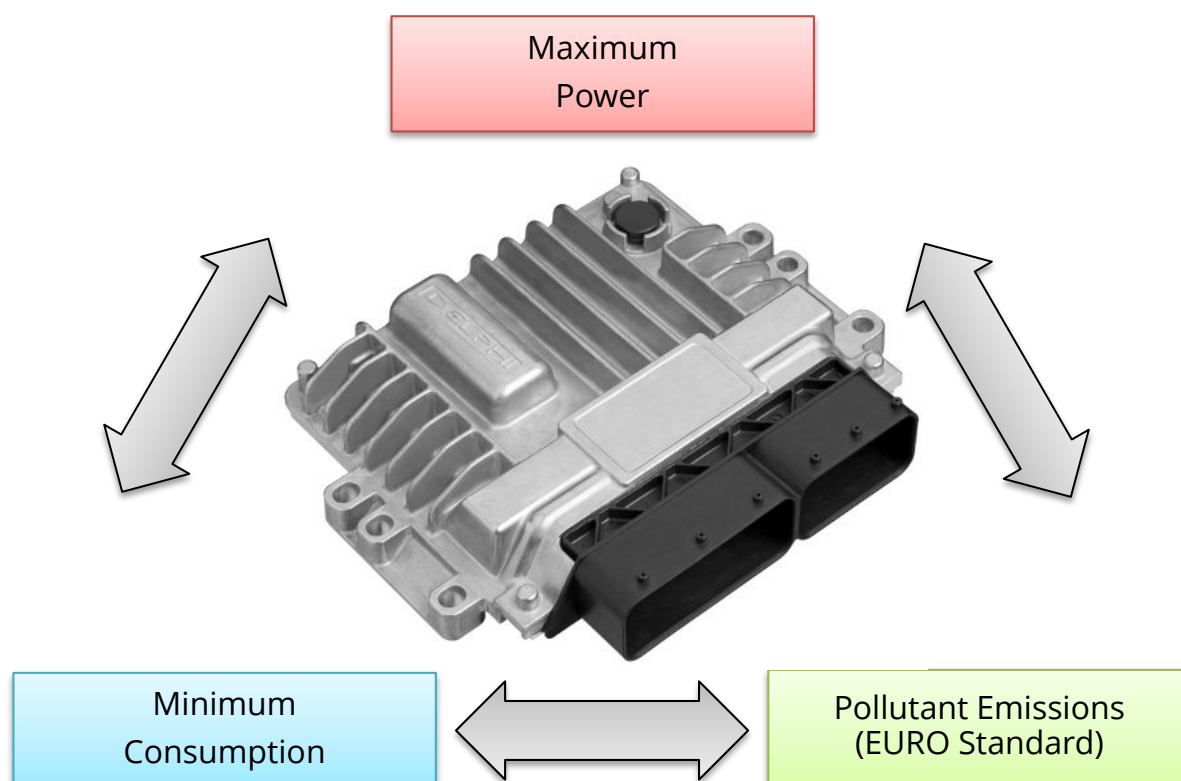


Figura 1.1 Unitatea electronică de control

Lifestyle Cycle sau ciclul de viață al unui ECU are o durată de până la 25 de ani, din care până la trei ani sunt alocăți procesului de proiectare-dezvoltare (Development), până la șapte ani sunt alocăți producției de serie (Series Production), respectiv până la 15 ani sunt alocăți duratei de exploatare normală (Exploitation) (figura 1.2).

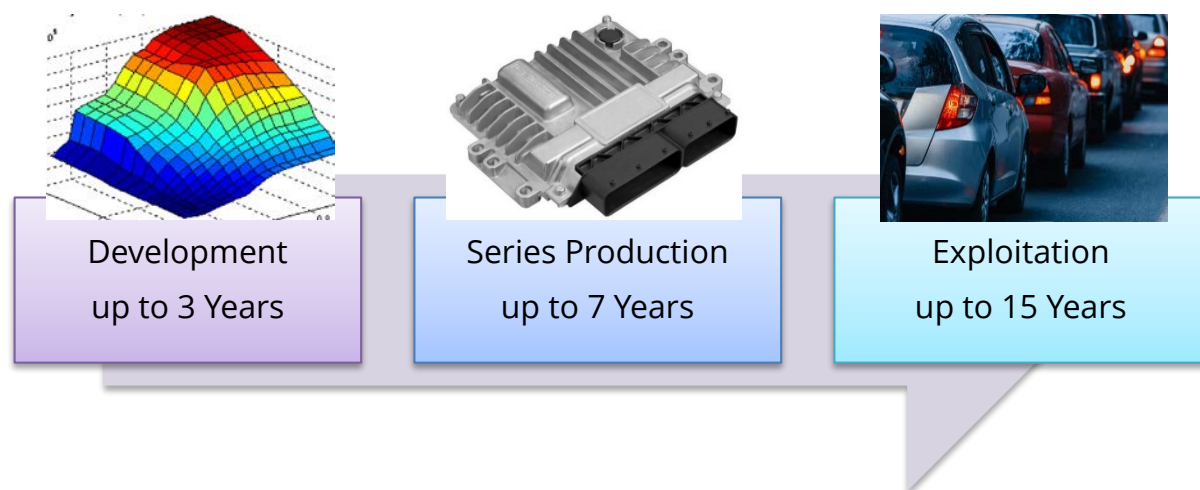


Figura 1.2 Ciclul de viață al unui ECU

Input-Process-Output (IPO) sau principiul de funcționare al ECU reprezintă introducerea datelor (Input), procesarea datelor (Process), generarea datelor (Output) (figura 1.3). Datele introduse sunt furnizate de senzori (Sensors); aceste date sunt convertite, prelucrate, analizate și comparate în ECU pe baza unor algoritmi specifici predefiniți, apoi sunt generate semnale de comandă pe care ECU le transmite către elementele de execuție (Actuators).

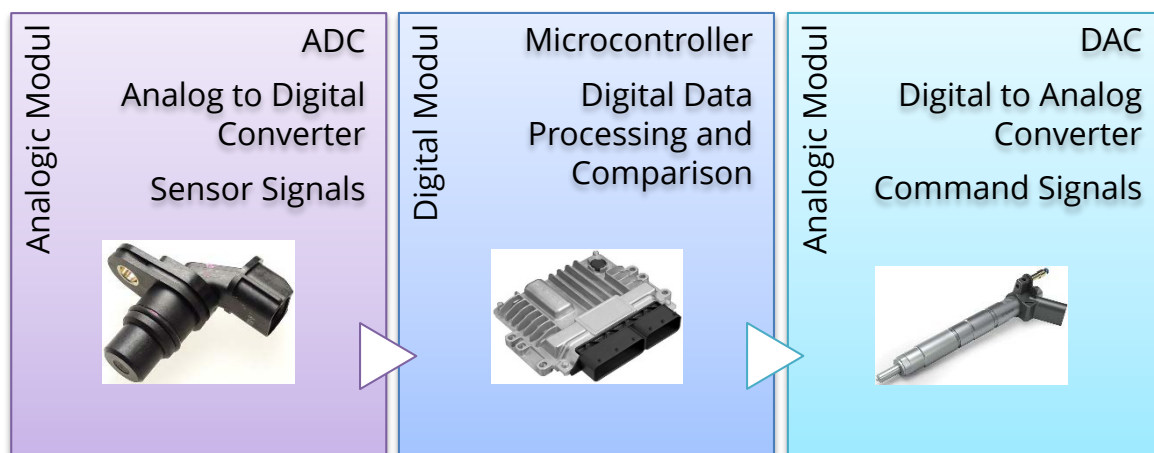


Figura 1.3 Input-Process-Output (IPO)

Bloc Diagram sau diagrama bloc funcțională dezvoltată pe baza principiului IPO (Input-Process-Output) are o arhitectură constructivă similară pentru majoritatea ECU care echipează un autovehicul.

În cazul particular al unui ECU* (Engine Control Unit) acesta folosește semnalele de intrare furnizate de senzori și pe baza acestor semnale calculează cantitatea de combustibil respectiv volumul de aer care trebuie injectată respectiv introdusă în camera de ardere pentru a obține puterea necesară asigurării unei funcționări optime a motorului [1,2]. Principalele blocuri și elemente din structura ECU*, respectiv interdependența dintre acestea sunt prezentate în figura 1.4.

În cele ce urmează vom denumi ECU (Electronic Control Unit), la modul general orice unitate electronică de control integrată în arhitectura constructivă formată din sistemele de comandă și control ale autovehiculului.

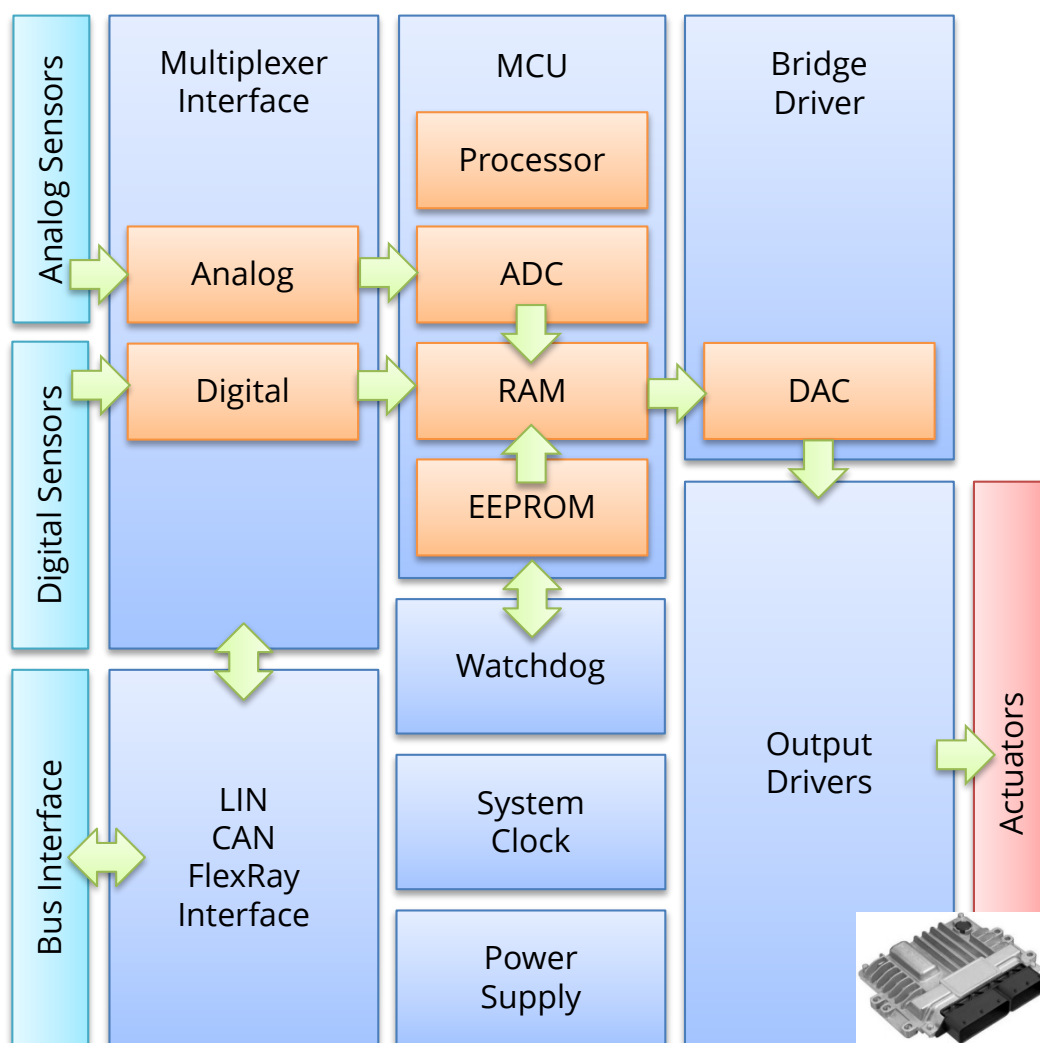


Figura 1.4 Diagrama bloc ECU

Semnalele generate și furnizate de senzori pot fi semnale analogice (Analog Input Signals), digitale (Digital Input Signals) și/sau semnale digitale furnizate de alte ECU prin intermediul magistralelor de comunicație (In-Vehicle Network). Acestea sunt multiplexate (Multiplexer) în etajul de intrare în ECU și sunt transmise microcontrollerului MCU (Microcontroller Unit).

Microcontroller Unit (MCU) sau microcontrolerul conține în structura internă un procesor, o memorie non-volatilă de tip EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), o memorie volatilă de tip RAM (Random Access Memory), un convertor analogic-digital ADC (Analog to Digital Converter) și o interfață cu magistralele de comunicație (Bus Interface) [3].

Diagrama bloc a microcontrolerului MCU este prezentată în figura 1.5 [4].

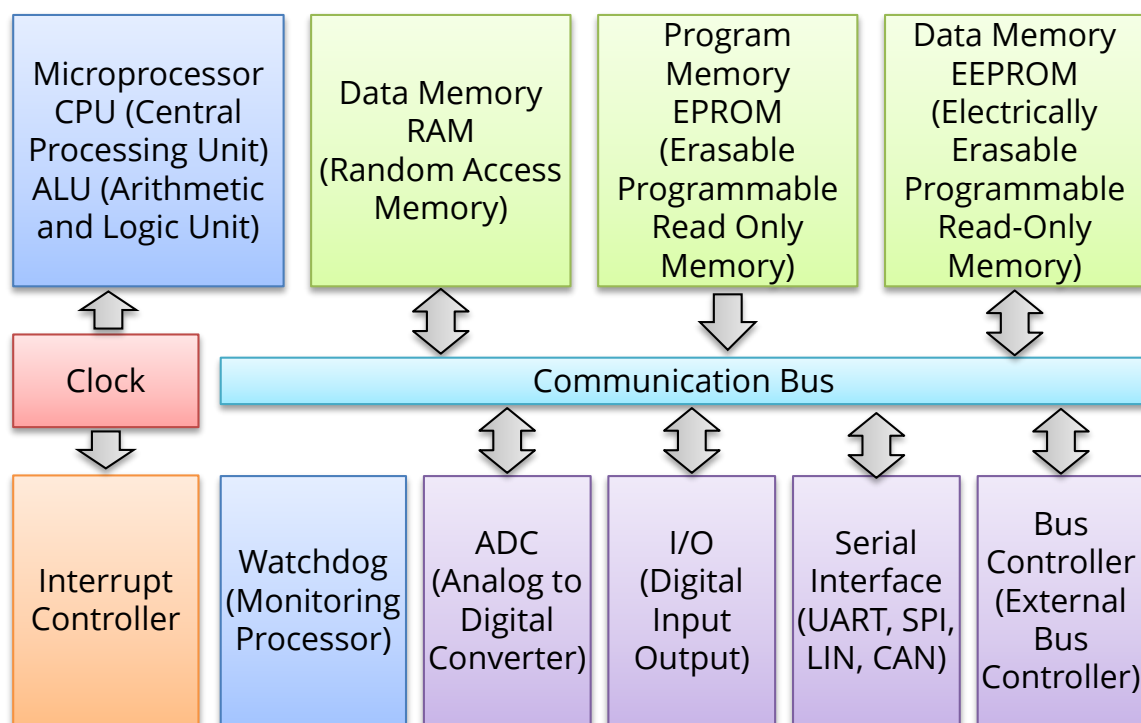


Figura 1.5 Diagrama bloc MCU

Central Processing Unit (CPU) sau procesorul este un dispozitiv hardware care, pe baza unui set de instrucțiuni prestabilite, efectuează operațiuni matematice și logice asupra unor date provenite de la o sursă externă (de la senzori) sau de pe magistralele de comunicație.

ECU conține două procesoare: procesorul principal (CPU) și procesorul de control (Watchdog). Procesorul principal primește semnale de la senzori, le procesează și transmite semnale de comandă către actuatori.



Bibliografie

- [1] Iclodean, C., Rețele de comunicație pentru autovehicule, Editura Risoprint, Colecția Scientia, Cluj-Napoca, 2017, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [2] Iclodean C.; Interconectarea sistemelor virtuale de comandă și control pentru autovehicule, Volumul I, Software-in-the-Loop 2018, Risoprint Ed., Cluj-Napoca, Romania, ISBN: 978-973-53-2252-6
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>
- [4] Robert Bosch GmbH Ed. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics Systems and Components, Networking and Hybrid Drive, Springer Vieweg Wiesbaden 2014, ISBN: 978-3-658-01784-2
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_oscillator
- [7] <https://microchipdeveloper.com/8bit:intosc>
- [8] Zhang Y, Sivasubramaniam A. ClusterSchedSim: A Unifying Simulation Framework for Cluster Scheduling Strategies. Simulation. 2004; 80(4-5): 191-206
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter
- [10] https://www.researchgate.net/publication/313888501_A_Notebook_on_Embedded_System_Fundamentals_For_IT_Graduates
- [11] https://mrcet.com/downloads/digital_notes/ECE/IV%20Year/10082021/EMBEDDED%20SYSTEMS%20DESIGN.pdf
- [12] Mariașiu, F., Iclodean, C. Managementul Motoarelor cu Ardere Internă, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2013, ISBN: 978-973-53-1004-2
- [13] <https://en.wikipedia.org/wiki/Gasoline>
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_fuel
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth
- [16] Burnete N.V., Burnete N.; Motoare cu ardere internă și termodinamică Noțiuni fundamentale, UTPRESS Cluj-Napoca, 2021, ISBN 978-606-737-539-8

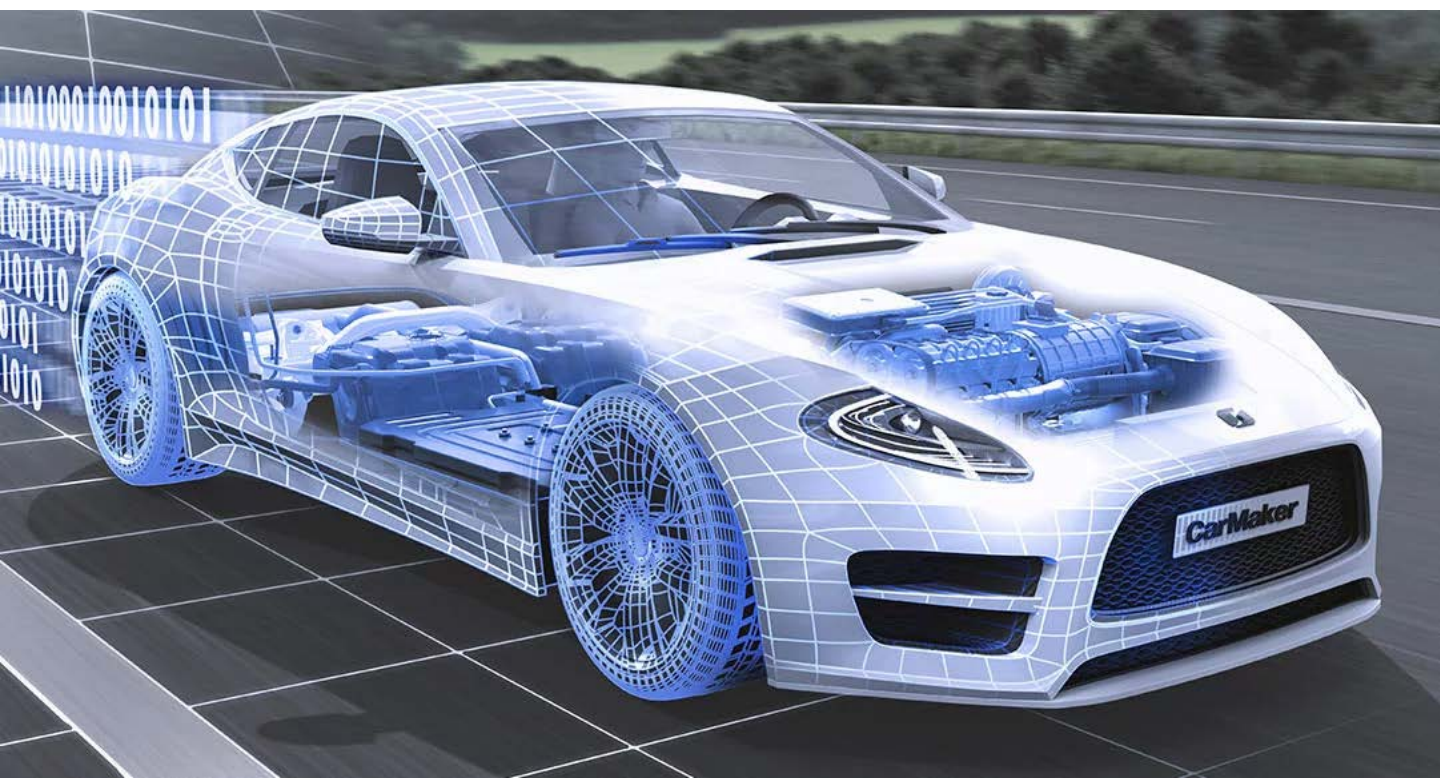


- [17] <https://dsportmag.com/wp-content/uploads/2018/02/188-Tech-EngineManagementSystem-001-Chart.png>
- [18] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, Springer-Verlag Germany 2022, DOI: 10.1007/978-3-642-39440-9
- [19] <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/mobility-topics/ee-architecture/>
- [20] <https://www.gsaglobal.org/wp-content/uploads/2019/05/Trends-of-Future-EE-Architectures.pdf>
- [21] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordoș, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022, ISBN: 978-3-031-14677-0
- [22] https://www.continental-automotive.com/getattachment/15a08fcc-1806-404a-ba89-7908530c49d2/VCU_Brochure_EN_2014_final.pdf.pdf
- [23] <https://www.apativ.com/en/insights/article/what-is-a-domain-controller>
- [24] <https://www.autosar.org/standards/application-interface/>
- [25] https://www.etas.com/en/company/realtimes_2019_2020-entering-new-worlds-new-e-e-architectures-with-vehicle-computers.php
- [26] https://www.nxp.com/docs/en/release-note/ATZelektronik-Worldwide-062017_NXP-Domains-Article.pdf
- [27] See, W.-B., Vehicle ECU Classification and Software Architectural Implications, (<http://dspace.fcu.edu.tw/bitstream/2377/3458/1/ce07ics002006000008.pdf>)



Capitolul 2

Comanda și controlul sistemului de propulsie



Cuprins

Capitolul 2 Comanda și controlul sistemului de propulsie

Cuprins	65
Abrevieri	67
(2.1) Sistemul de propulsie și sistemul de transmisie	71
(2.2) Sistemul de injecție directă pentru motorul cu aprindere prin scânteie	81
(2.3) Sistemul de injecție cu rampă comună de combustibil pentru motorul cu aprindere prin comprimare	95
(2.4) Sistemul de propulsie hibrid echipat cu motor cu ardere internă și motor electric	106
(2.5) Sistemul de propulsie cu celule de combustie cu hidrogen	122
(2.6) Sistemul de transmisie	137
(2.7) Sistemul de tratare a gazelor de evacuare	141
Bibliografie	143



Abrevieri

4WD	All-Wheel Drive
ABS	Anti-lock Braking System
AC	Alternating Current
AC*	Air Conditioning
ADC	Analog to Digital Converter
BCU*	Battery Control Unit
BDC	Bottom Dead Center
BEV	Battery Electric Vehicle
CAN	Controller Area Network
CI	Compression Ignition
CO	Carbon Monoxid
CR	Common Rail
DAC	Digital to Analog Converter
DC	Direct Current
DCU	Denoxtronic Control Unit
DOD	Depth Of Discharge
EB	Electric Battery
EC	Exhaust Closed
ECU	Electronic Control Unit
ECU*	Engine Control Unit
EG	Electric Generator
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EM	Electric Motor

Capitolul 2 Sisteme electronice de comandă și control

EO	Exhaust Open
ESP	Electronic Stability Programe
EV	Electric Vehicle
EVSE	External Vehicle Supply Equipment
FC-ECU	Fuel Cell Electronic Control Unit
FWD	Front-Wheel Drive
GDI	Gasoline Direct Injection
HCU	Hybrid Drivetrain Control Unit
HEV	Hybrid Electric Vehicle
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IC	Inlet Closed
ICE	Internal Combustion Engine
ISG	Integrated Starter Generator
IO	Inlet Open
LIN	Local Interconnect Network
MAC	Motor cu Aprindere prin Comprimare
MAS	Motor cu Aprindere prin Scânteie
MCU	Microcontroller Unit
MCU*	Motor Control Unit
NO _x	Nitrogen Oxide
P	Particulates
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
PN	Particle Number
RAC	Rotație Arbore Cotit
RAM	Random Access Memory
RCD	Residual Current Device
RWD	Rear-Wheel Drive
SCR	Selective Catalytic Reduction
SI	Spark Ignition
SOC	Start Of Combustion
SOC*	State Of Charge



Capitolul 2 Sisteme electronice de comandă și control

SOH	State Of Health
TC	Turbocharger
TCU	Transmission Control Unit
TDC	Top Dead Center
THC	Hydrocarbon
VOC	Volatile Organic Compound
VTG	Variable Turbine Geometry



(2.1) Sistemul de propulsie și sistemul de transmisie

Powertrain and Transmission Domain sau domeniul care conține sistemul de propulsie și sistemul de transmisie, este domeniu format dintr-un ansamblu de componente care asigură deplasarea autovehiculului.

(Gasoline ECU) Gasoline Engine Control Unit sau unitatea de control care stabilește raportul optim al amestecului aer-combustibil necesar pentru funcționarea optimă a motorului cu aprindere prin scânteie (MAS) alimentat cu benzină, cu sistem de injecție directă în camera de ardere.

(Diesel ECU) Diesel Engine Control Unit sau unitatea de control care stabilește cantitatea de combustibil injectată în secvențe de injecție, cantitate necesară pentru funcționarea optimă a motorului cu aprindere prin comprimare (MAC) alimentat cu motorină, cu sistem de injecție cu rampă comună de combustibil (CR) Common Rail.

(HCU) Hybrid Drivetrain Control Unit sau unitatea de control care stabilește algoritmul de funcționare pentru cele două motoare (motorul cu ardere internă și motorul electric) care echipează un autovehicul hibrid și coordonează consumul optim de combustibil, respectiv consumul optim de energie electrică.

(FC-ECU) Fuel Cell Control Unit sau unitatea de control care stabilește funcționarea optimă a sistemului de celule de combustie și a sistemelor anexe: sistemul de alimentare cu hidrogen, sistemul de aer, sistemul termic, respectiv sistemul de stocare și distribuție a energiei electrice.

(TCU) Transmission Control Unit sau unitatea de control care stabilește funcționarea optimă a transmisiei pentru cutiile de viteze automate (Automatic Gearbox) și gestionează schimbarea treptelor de viteză în funcție de regimul de funcționare al autovehiculului. TCU poate fi utilizat și pentru autovehiculele electrice asigurând gestionarea raportului de transmisie pentru o eficiență maximă a motoarelor electrice.

(DCU) Denoxtronic Control Unit (DE-NO_x/AdBlue) sau unitatea de control și monitorizare a funcțiilor și componentelor active din sistemul de tratare a gazelor de evacuare pe baza conformității cu standardele actuale cu privire la emisiile poluante.



Powertrain and Transmission Domain sau domeniul care conține sistemul de propulsie (figura 2.1) [1] este un ansamblu de componente care asigură deplasarea autovehiculului.

Powertrain sau grupul motopropulsor transferă puterea generată de (1) motorul cu ardere internă și/sau motorul electric (Engine/Motor) prin intermediul (2) sistemului de transmisie (Transmission), a (3) arborelui de transmisie (Driveshaft) și a (4) elementului diferențial (Differential) la (5) roțile autovehiculului (Wheels).

Sistemul de transmisie are rolul de a asigura transferul unei cantități optime de putere la roți în funcție de regimul de funcționare impus autovehiculului, respectiv de sarcina (încărcarea) acestuia. Arborele de transmisie transferă momentul motor de la sistemul de transmisie către roți. Diferențialul este o componentă a lanțului cinematic a grupului motopropulsor care permite fiecărei roți să se rotească cu o turație diferită (la viraje roata exterioară trebuie să se rotească mai repede decât roata interioară). Constructiv, un autovehicul poate să aibă tracțiune față FWD (Front-Wheel Drive), tracțiune spate RWD (Rear-Wheel Drive) sau tracțiune integrală 4WD (All-Wheel Drive).

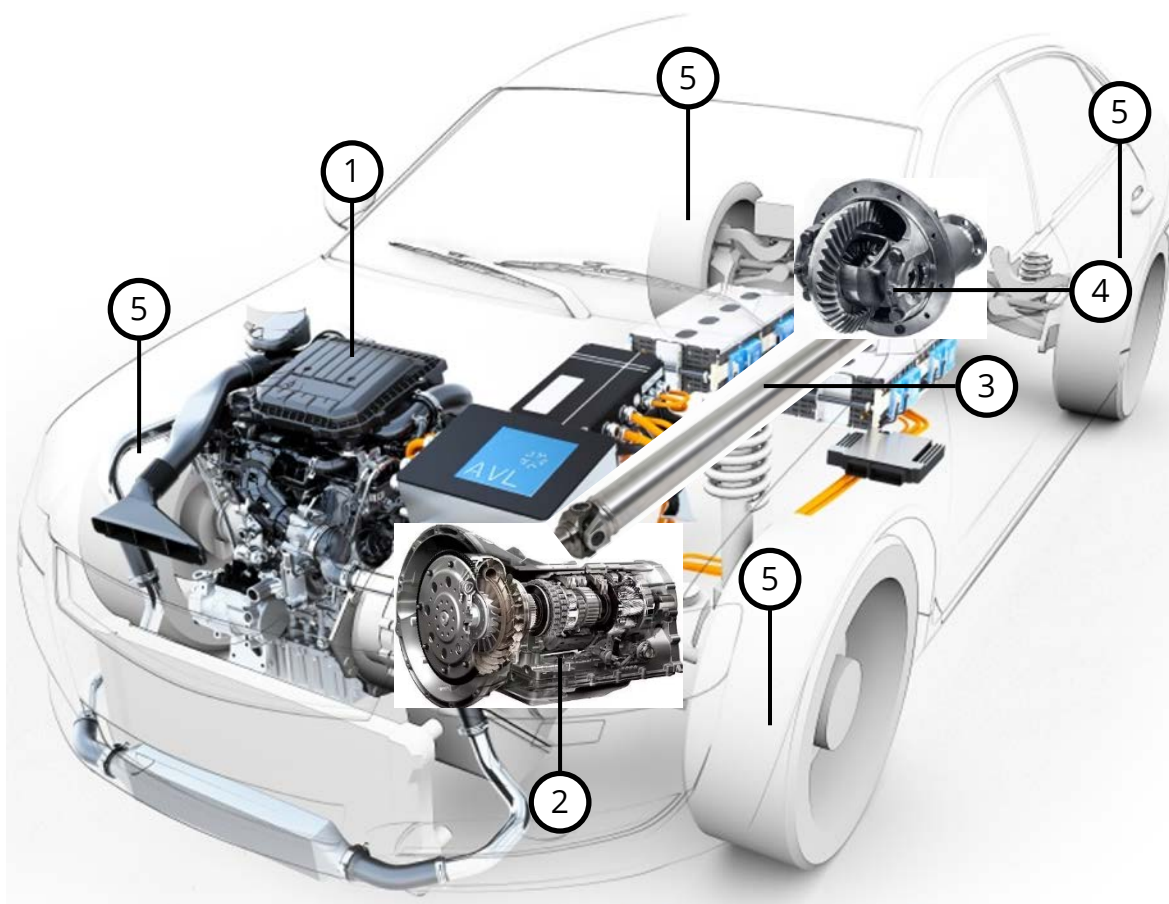


Figura 2.1 Powertrain and Transmission Domain (Model.CONNECT™)

O arhitectură constructivă pentru sistemul de propulsie cu tracțiune față FWD dezvoltată în aplicația de simulare CRUISE™ M este prezentată în figura 2.2, unde elementele sistemului de propulsie sunt următoarele: (1) roțile autovehiculului (Wheels), (2) diferențial (Differential), (3) cutie de viteze (Gearbox), (4) ambreiaj (Clutch) și (5) motor cu ardere internă ICE (Internal Combustion Engine).

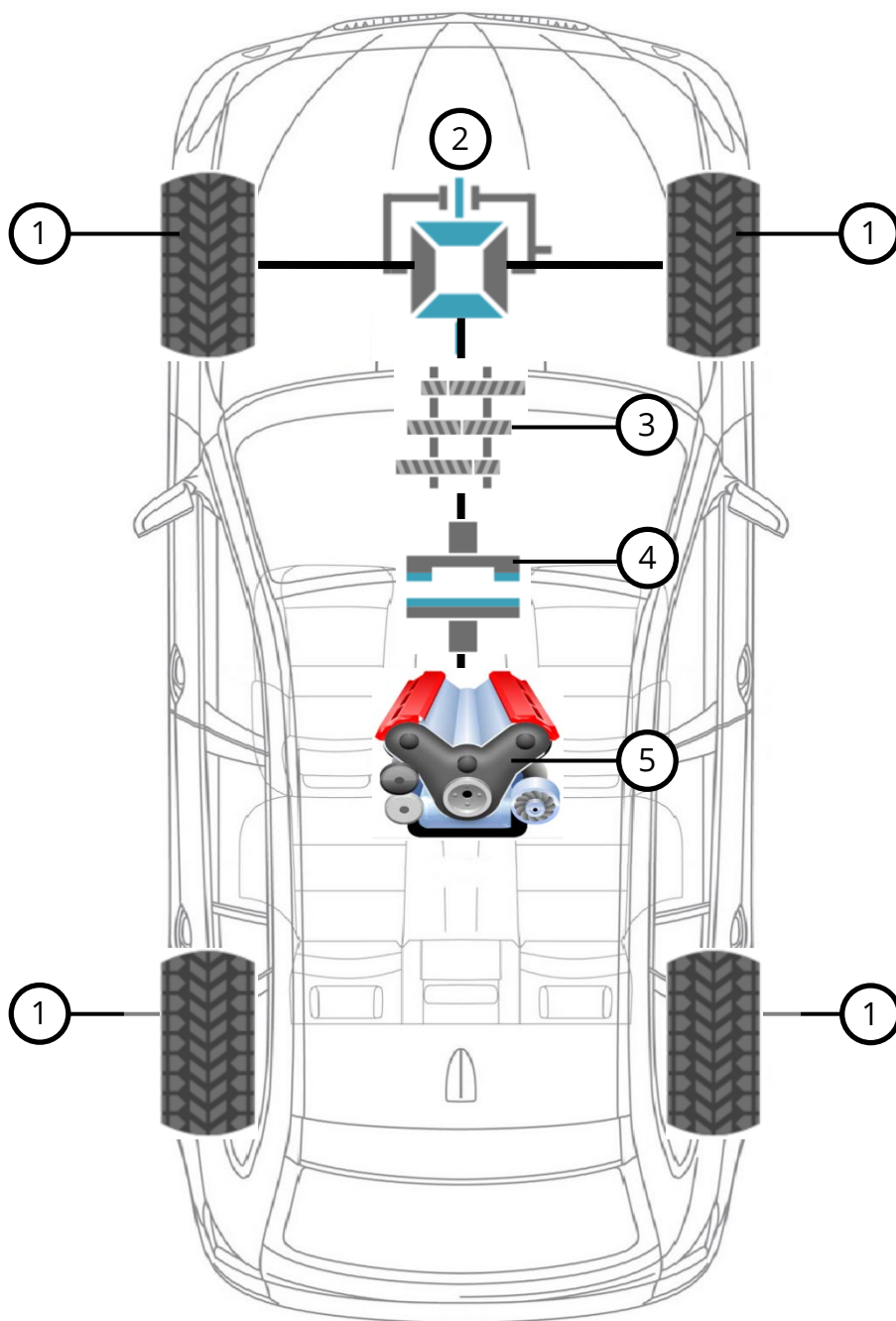


Figura 2.2 Elementele Powertrain and Transmission (CRUISE™ M)

În funcție de arhitectura constructivă a unui autovehicul, motorul, ca element principal a grupului motopropulsor poate fi:

(1) Internal Combustion Engine (ICE) sau motorul cu ardere internă care transformă energia stocată în combustibil în energie cinetică și în funcție de combustibilul utilizat se clasifică în următoarele categorii constructive și funcționale (figura 2.3):

(1a) Spark Ignition Engine (SI) sau motorul cu aprindere prin scânteie (MAS) alimentat cu benzină (Gasoline). Cel mai utilizat sistem de injecție pentru un MAS este sistemul de injecție directă în camera de ardere GDI (Gasoline Direct Injection). Pentru MAS prin acționarea pedalei de accelerație, conducătorul auto controlează unghiul clapetei obturator, respectiv cantitatea de aer introdusă în camera de ardere.

(1b) Compression Ignition Engine (CI) sau motorul cu aprindere prin comprimare MAC alimentat cu motorină (Diesel). Cel mai utilizat sistem de injecție pentru un MAC este sistemul cu rampă comună de combustibil CR (Common Rail). Pentru MAC prin acționarea pedalei de accelerație, conducătorul auto controlează cantitatea de combustibil injectată în camera de ardere sub forma unor secvențe multiple de injecție.

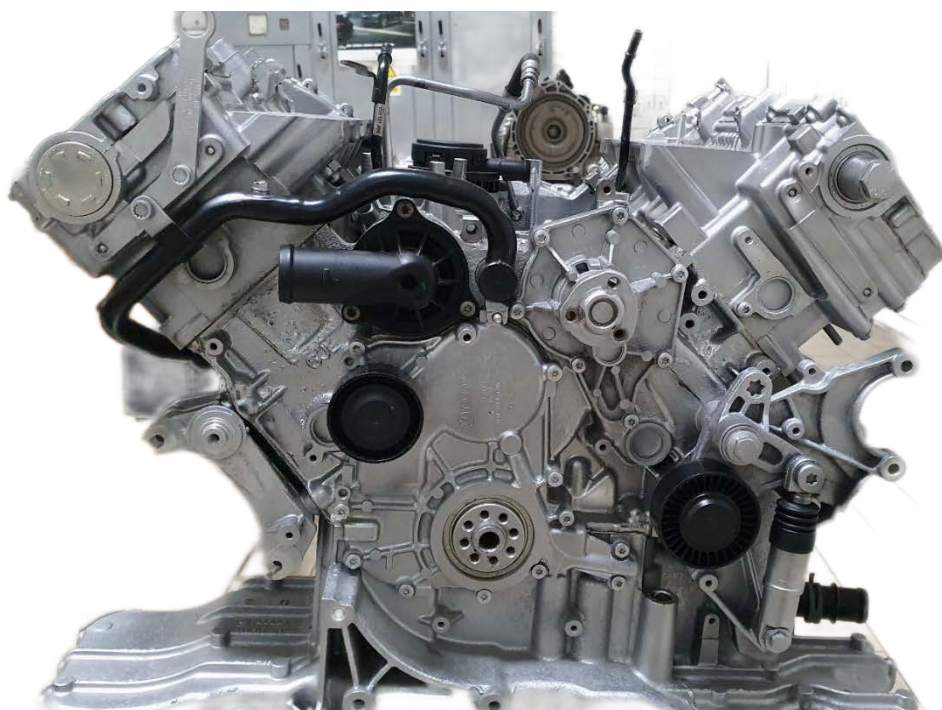


Figura 2.3 Motor cu ardere internă (foto autor)

Bibliografie

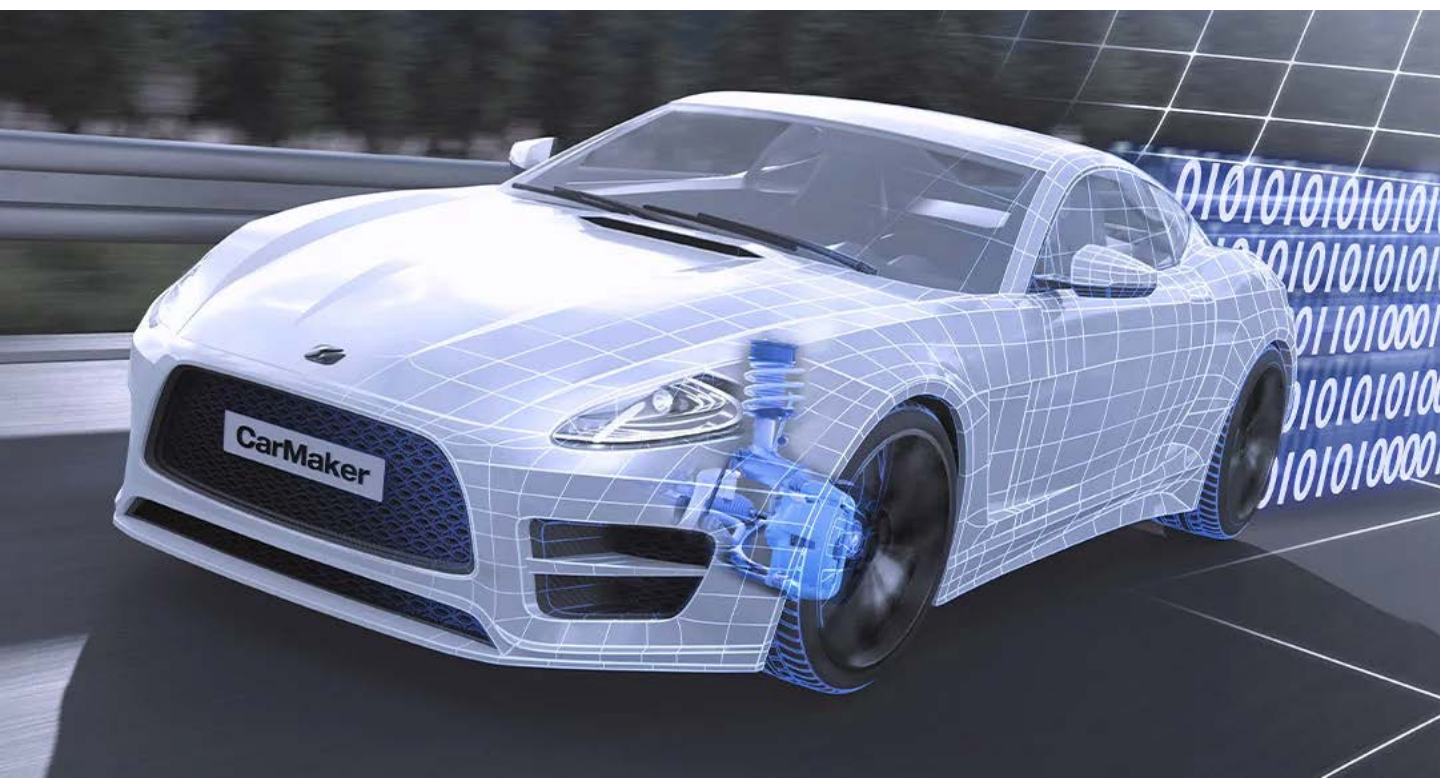
- [1] Model.CONNECT™ User Manual Version 2022 R1, AVL List GmbH, 2022
- [2] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NISSAN_FUGA_HYBRID_powertrain.jpg
- [3] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protean_Electric_In-Wheel_Motor_Technology.png
- [4] <https://conti-engineering.com/domains-and-markets/vehicle-domain/>
- [5] Mariașiu, F., Iclodean, C. Managementul Motoarelor cu Ardere Internă, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2013, ISBN: 978-973-53-1004-2
- [6] https://cdn2.hubspot.net/hubfs/3867393/Imported_Blog_Media/at010030-1.jpg
- [7] Kim, Y.; Kim, M.; Oh, S.; Shin, W.; Cho, S.; Song, H.H. A New Physics-Based Modeling Approach for a 0D Turbulence Model to Reflect the Intake Port and Chamber Geometries and the Corresponding Flow Structures in High-Tumble Spark-Ignition Engines. *Energies* 2019, 12, 1898
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards
- [9] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Injektor_Schnitt-2.png
- [10] <https://www.autotecnica.org/wp-content/uploads/2015/11/397103a2000f121.jpg>
- [11] <https://www.audi-technology-portal.de/en/drivetrain/engine-efficiency-technologies/turbochargers-with-variable-turbine-geometry-vtg>
- [12] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EGR_Exhaust_gas_recirculation.jpg
- [13] <https://www.audi-technology-portal.de/en/drivetrain/engine-efficiency-technologies/exhaust-gas-recirculation>
- [14] <https://www.nxp.com/files-static/microcontrollers/doc/brochure/AUT-16759.pdf>
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_sensor#/media/File:ZirconiaSensor.svg
- [16] https://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen_sensor



- [17] <https://favpng.com/download/FW0BaSPk>
- [18] https://www.audi-technology-portal.de/en/drivetrain/engine-efficiency-technologies/common-rail_en (accesat la 05 decembrie 2022)
- [19] <https://autotechnika.hu/media/images/20135/delphi-6.jpg>
- [20] Grieshabe, Hermann, and Thorsten Raatz. Basic principles of the diesel engine. Diesel engine management. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014, ISBN: 978-3-658-03980-6
- [21] Iclodean, C., Rețele de comunicație pentru autovehicule, Editura Risoprint, Colecția Scientia, Cluj-Napoca, 2017, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [22] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aquarius_Engines_Series_Hybrid_Powertrain.jpg
- [23] Varga, B.O., Mariașiu, F., Moldovanu, D., Iclodean, C., Electric and Plug-In Hybrid Vehicles – Advanced Simulation Methodologies, ISBN: 978-3-319-18638-2, Springer International Publishing Switzerland, 2015, DOI: 10.1007/978-3-319-18639-9
- [24] <https://www.sis.se/api/document/preview/125789/>
- [25] https://www.sae.org/standards/content/j1772_201710/
- [26] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/SAE_J1772_7058855567.jpg
- [27] https://www.wikiwand.com/en/Combined_Charging_System
- [28] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordoș, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022, ISBN: 978-3-031-14677-0
- [29] <https://www.semikron.com/industrial-applications/car-charger-stations/application-examples.html>
- [30] <https://www.energy.gov/sites/default/files/2014/03/f10/fcm05r0.pdf>
- [31] https://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_control_unit
- [32] Zheng, T.; Yang, B.; Li, Y.; Ma, Y. Luenberger-Sliding Mode Observer Based Backstepping Control for the SCR System in a Diesel Engine. Energies 2019, 12, 4270. <https://doi.org/10.3390/en12224270>

Capitolul 3

Comanda și controlul sistemelor de siguranță



Cuprins

Capitolul 3 Comanda și controlul sistemelor de siguranță

Cuprins	147
Abrevieri	149
(3.1) Sisteme de siguranță funcțională	153
(3.2) Sistemul de control a stabilității	157
(3.3) Sistemul antiblocare la frânare	165
(3.4) Sistemul de control a vitezei de croazieră	170
(3.5) Sistemul de direcție asistat electric	177
(3.6) Sistemul de monitorizare a presiunii în anvelope	180
(3.7) Sistemul de afișaj virtual a informațiilor de la bordul autovehiculului	184
(3.8) Sistemul de control a dispozitivelor Airbag	187
Bibliografie	193



Abrevieri

ABS	Anti-lock Braking System
ABS-CU	Anti-lock Braking System Control Unit
ACC	Adaptive Cruise Control
ACC-FR	Adaptive Cruise Control Full Range
ACU	Airbag Control Unit
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADC	Analog Digital Converter
AEB	Automatic Emergency Braking
AFL	Adaptive Front Lighting
ANV	Assisted Night Vision
APS	Acceleration Position Sensor
AR	Augmented Reality
ASC	Active Stability Control
BPS	Brake Pressure Switch
BSW	Blind Spot Warning
CAN	Controller Area Network
CAS	Collision Avoidance System
CHIRP	Compressed High Intensity Radiated Pulse
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CRC	Cyclic Redundancy Check
CST	Controllo Stabilità
DSC	Dynamic Stability Control
DSTC	Dynamic Stability Traction Control
ECU	Electronic Control Unit



ECU*	Engine Control Unit
EPS	Electric Power Steering
EPS-CU	Electric Power Steering Control Unit
ESC	Electronic Stability Control
ESP	Electronic Stability Programme
ESP-CU	Electronic Stability Programme Control Unit
FCW	Forward Collision Warning
GPS	Global Positioning System
HUD	Head Up Display
HUD-CU	Head Up Display Control Unit
ID	Identifier
IR	Infra Red
LDW	Lane Departure Warning
LF	Low Frequency
LKA	Lane Keeping Assist
LRR	Long Range Radar
MCU	Microcontroller Unit
MEMS	Micro Electro-Mechanical System
MRR	Medium Range Radar
MSP	Maserati Stability Program
PAS	Parking Assistance System
PCS	Precision Control System
PDW	Parking Distance Warning
PGU	Picture Generation Unit
PSM	Porsche Stability Management
PWM	Pulse Width Modulation
RCS	Radar Cross Section
RSC	Roll Stability Control
SNR	Signal to Noise Ratio
SRR	Short Range Radar
SRS	Supplemental Restrain System



Capitolul 3 Comanda și controlul sistemelor de siguranță

TCS	Traction Control System
TCU	Transmission Control Unit
TPMS	Tire Pressure Monitoring System
TPMS-CU	Tire Pressure Monitoring System Control Unit
VDC	Vehicle Dynamic Control
VSA	Vehicle Stability Assist
VSC	Vehicle Stability Control



(3.1) Sisteme de siguranță funcțională

Chassis and Safety Domain (figura 3.1) sau domeniul care conține sistemele de siguranță activă (Active Safety) care au rolul de a oferi asistență conducătorului auto în controlul autovehiculului, respectiv de siguranță pasivă (Passive Safety) care au rolul de a proteja conducătorul auto, pasagerii și pietonii.

(ESP) Electronic Stability Programme sau sistemul de control al stabilității asigură stabilitatea autovehiculului și menținerea direcției de rulare stabilită de conducătorul autovehiculului prin intervenția asupra sistemului de frânare și prin adaptarea momentului motor generat de grupul motopropulsor.

(ABS) Anti-lock Braking System sau sistemul antiblocare la frânare are rolul de a preveni blocarea roților pe timpul frânării autovehiculului și permite păstrarea controlului direcției pe durata frânării, respectiv scurtarea distanței de frânare.

(ACC) Adaptive Cruise Control sau sistemul de control al vitezei de croazieră pentru un autovehicul folosește senzorul radar pentru adaptarea automată a accelerației în deplasare astfel încât autovehiculul să mențină o viteză constantă de deplasare, viteză care este preselectată de către conducătorul auto.

(EPS) Electric Power Steering sau sistemul de direcție asistat electric facilitează rotirea volanului de către conducătorul auto cu ajutorul și asistența unui motor sau a unor motoare electrice.

(TPMS) Tire Pressure Monitoring System sau sistemul de monitorizare a presiunii în anvelope monitorizează și semnalizează valoarea și/sau starea critică a presiunii din anvelopele autovehiculului.

(HUD) Head-Up Display sau sistemul de afișaj virtual a informațiilor de la bordul autovehiculului care este un dispozitiv ce proiectează/transpune o imagine virtuală 3D a aparatelor de bord pe parbrizul autovehiculului, oferind informații cu privire la parametrii autovehiculului, la deplasare și la traseul urmat de autovehicul.

(ACU) Airbag Control Unit sau sistemul de control a dispozitivelor Airbag, este un sistem de siguranță pasiv ce protejează pasagerii în cazul unei coliziuni prin pretensionarea centurilor de siguranță și prin declanșarea unui număr de Airbag-uri în funcție de gravitatea impactului.



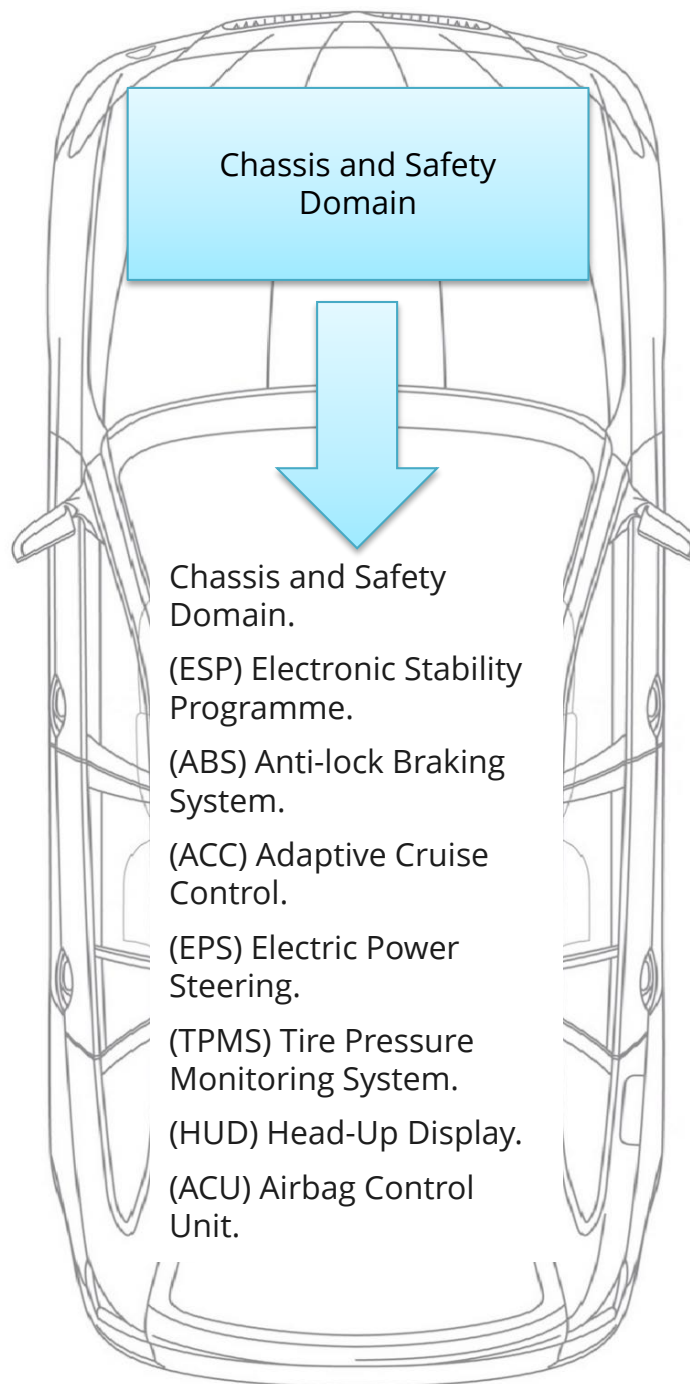


Figura 3.1 Chassis and Safety Domain

Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) sau sistemele avansate de asistență pentru conducătorul auto au rolul de a acorda asistență pe durata conducerii sau a parcării.

Sistemele ADAS de siguranță activă (Active Safety) și de siguranță pasivă (Passive Safety) funcționează automat pe baza informațiilor generate de senzorii autovehiculului și au rolul de a detecta obstacolele fixe sau mobile (obiectele statice sau dinamice) din proximitatea autovehiculului sau de a detecta erorile conducătorului auto și de a răspunde în consecință pentru evitarea oricărui eveniment.

Isermann în [1] a integrat sistemele avansate de asistență pentru conducătorul auto în următoarele categorii (figura 3.2):

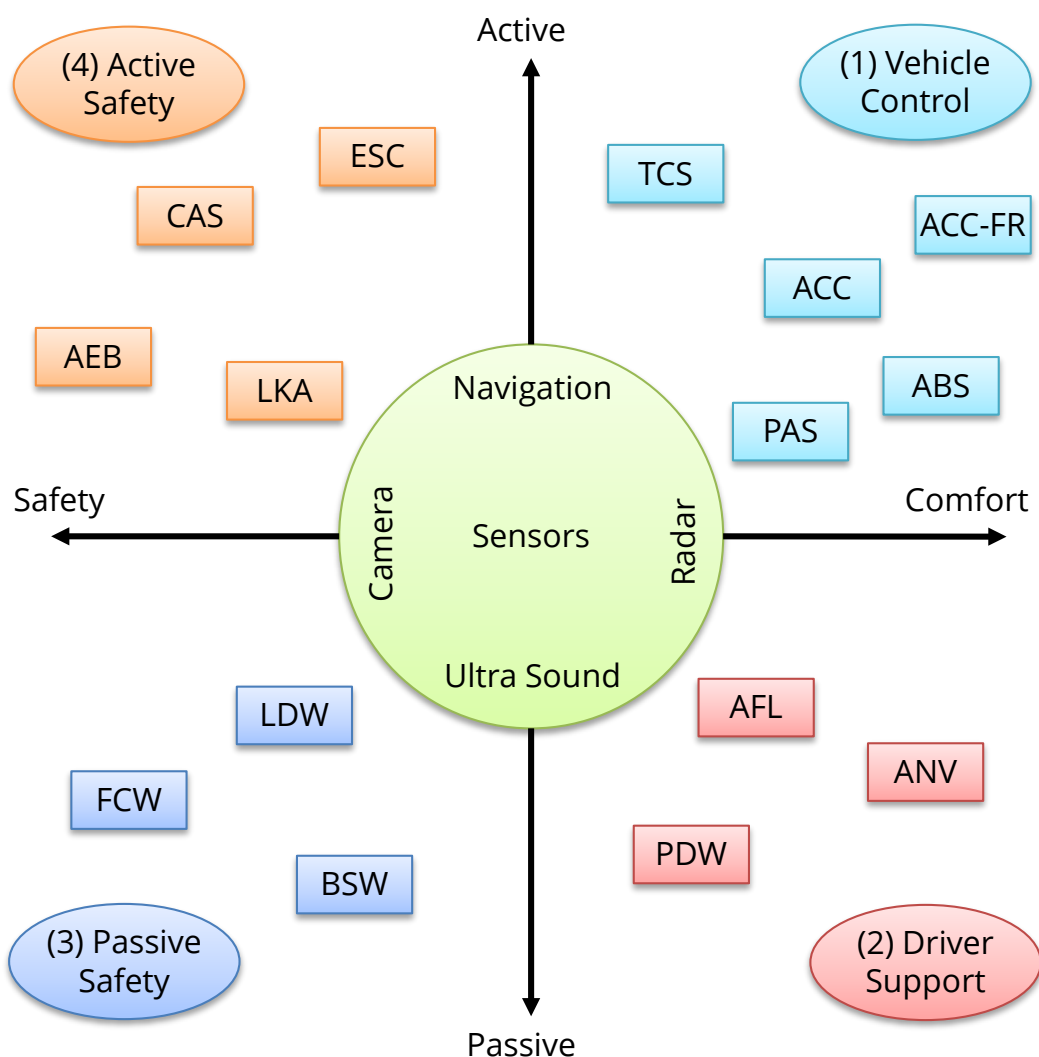


Figura 3.2 Clasificarea sistemelor de asistență la conducere

(1) Vehicle Control sau sistemele de control responsabile pentru coordonarea deplasării longitudinale și laterale a autovehiculului:

(ACC) Adaptive Cruise Control sau sistemul de control adaptiv a vitezei de croazieră.

(ACC-FR) Adaptive Cruise Control Full Range sau sistemul de control adaptiv a vitezei de croazieră și de menținere a distanței minime de siguranță până la autovehiculele din proximitate.

(ABS) Anti-Lock Braking System sau sistemul antiblocare la frânare.

(PAS) Parking Assistance System sau sistemul de asistență la parcare.

(TCS) Traction Control System sau sistemul de control al tracțiunii.

(2) Driver Support sau sistemele de asistență și suport pentru conducătorul auto:

(AFL) Adaptive Front Lighting sau sistemul de iluminare frontală adaptivă.

(ANV) Assisted Night Vision sau sistemul de viziune nocturnă asistată.

(PDW) Parking Distance Warning sau sistemul de asistență la parcare care semnalizează depășirea distanței minime de siguranță.

(3) Passive Safety sau sistemele de siguranță pasivă care au rolul de a proteja conducătorul auto, pasagerii și pietonii:

(BSW) Blind Spot Warning sau sistemul de avertisment în punctele fără vizibilitate pentru conducătorul auto.

(FCW) Forward Collision Warning sau sistemul de avertizare pentru evitarea coliziunilor frontale.

(LDW) Lane Departure Warning sau sistemul de avertizare la părăsirea benzii de circulație.

(4) Active Safety sau sistemele de siguranță activă care au rolul de a oferi asistență conducătorului auto în controlul autovehiculului:

(AEB) Automatic Emergency Braking sau sistemul de frânare automată de urgență.

(CAS) Collision Avoidance System sau sistemul de evitare a coliziunilor.

(ESC) Electronic Stability Control sau sistemul de control a stabilității (identic cu sistemul ESP (Electronic Stability Programe).

(LKA) Lane Keeping Assist sau sistemul de asistență la menținerea benzii de circulație.



Bibliografie

- [1] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, Springer-Verlag Germany 2022, DOI: 10.1007/978-3-642-39440-9
- [2] https://ro.wikipedia.org/wiki/Sistemul_de_control_electronic_al_stabilit%C4%83%C8%9Bii
- [3] https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/statistics-and-analysis-archive/esafety/electronic-stability-control_en
- [4] <https://www.hella.com/techworld/assets/images/10028405a.jpg>
- [5] <https://www.hella.com/techworld/assets/images/10028406a-en.jpg>
- [6] https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/stability_control.html
- [7] <https://www.nxp.com/files-static/microcontrollers/doc/brochure/AUT-16759.pdf>
- [8] <https://www.mantruckandbus.com/en/company/glossar/abs-anti-lock-braking-system.html>
- [9] <https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/braking.html>
- [10] <https://www.audi-mediacycenter.com/en/cart/3debb6166b3ed8cb/download>
- [11] <https://group-media.mercedes-benz.com:443/marsMediaSite/Media/4BH2osg88xwvpK4pLB7Ltf5gh6N6S99cC7v00AJ4Htgk9q81cvBciu7O9Y66XcmM/53751893>
- [12] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordoș, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022, ISBN: 978-3-031-14677-0
- [13] <https://www.audi-technology-portal.de/en/download?file=855>
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Power_steering
- [15] <https://unece.org/DAM/trans/conventn/crt1968e.pdf>
- [16] <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/solutions/steering/torque-sensor/>
- [17] <https://fatiherikci.com/category/inceleme/page/4/>



[18] https://www.researchgate.net/publication/301776934_Head-up_displays_in_driving

[19] <https://automotive.saflex.com/saflex-guide/general/head-display-hud-technology>

[20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Airbag>



Capitolul 4

Comanda și controlul sistemelor de confort și conveniență



Cuprins

Capitolul 4 Comanda și controlul sistemelor de confort și conveniență

Cuprins	197
Abrevieri	199
(4.1) Sisteme de confort și conveniență	201
(4.2) Sistemul de control a elementelor șasiului, caroseriei și habitaclului	203
(4.3) Sistemul de control acces la magistralele de comunicație	212
(4.4) Sistemul de control a acționării ușilor, ferestrelor, oglinzilor, lămpilor și scaunelor	220
(4.5) Sistemul de control a iluminatului	223
(4.6) Sistemul de control a încălzirii, ventilației și aerului condiționat	227
Bibliografie	233



Abrevieri

AC	Air Conditioning
ACL	Access Control List
ADAS	Advanced Driver Assistance Systems
AFS	Adaptive Front Lighting Systems
API	Application Platform Interface
APN	Access Point Name
BCU	Body Control Unit
BT	Bluetooth
BTU	British Thermal Unit
CAN	Controller Area Network
CCM	Climate Control Module
CCU	Central Communication Unit
CGU	Central Gateway Unit
DoIP	Diagnostics over Internet Protocol
DWS-CU	Doors Windows Seats Control Unit
GSM	Global Mobile Communication
HAL	Hardware Abstraction Layer
HID	High-Intensity Discharge
HTTPS	HyperText Transfer Protocol/Secure
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
IDPS	Intrusion Detection and Prevention Systems
IDL	Instrument Design Lab
IDS	Intrusion Detection System
IP	Internet Protocol



JSON	JavaScript Object Notation
LCU	Lighting Control Unit
LED	Light Emitting Diode
LIN	Local Interconnect Network
LLCE	Low Latency Communication Engine
MCU	Microcontroller Unit
MOF	Modelware For Middleware
MOST	Media Oriented Systems Transport
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
OBD	On-Board Diagnostic
OEM	Original Equipment Manufacturer
OS	Operating System
OTA	Over The Air
PASE	Passive Start and Entry
PSFP	Per-Stream Filtering and Policing
PCD	Photo Chemical Diode
QoS	Quality of Service
RKE	Remote Keyless Entry
SD	Service Discovery
SOME/IP	Scalable service-Oriented MiddlewarE over IP
SRP	Stream Reservation Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TPMS	Tyre Pressure Monitoring System
UDP	User Datagram Protocol
UDS	Unified Diagnostic Services
UTM	Urchin Tracking Module
VLAN	Virtual Local Area Network
WDS	Windows, Doors, Seats



(4.1) Sisteme de confort și conveniență

Body and Comfort Domain (figura 4.1) sau domeniul care conține sistemele:

(1) Comfort sau confort (definit prin comoditate, ușurință în exploatare, scaune acționate electric, climă multi-zonală, acționări electrice pentru elementele de confort din habitaculul autovehiculului).

(2) Convenience sau conveniență (definit prin convenabil, util, potrivit, care permite conectarea automată a dispozitivelor mobile la rețelele Wi-Fi, BT (Bluetooth), GSM, Video, Navy, Android Auto, Apple Car) dintr-un autovehicul.

(BCU) Body Control Unit sau unitatea de control responsabilă cu monitorizarea și controlul diverselor accesorii electronice din echiparea caroseriei și habitaculului unui autovehicul.

(CGU) Central Gateway Unit sau nodul central de comunicație care acționează ca un router pentru comunicația între unitățile de control care intră în arhitectura constructivă a autovehiculului, respectiv care asigură legătura către exterior prin (CCU) Central Communication Unit.

(DWMLS-CU) Doors, Windows, Mirrors, Lamps, Seats Control Unit sau unitatea de control care centralizează și gestionează funcțiile rețelelor locale LIN de comandă și control a acționării ferestrelor (Windows), ușilor (Doors) și scaunelor (Seats).

(LCU) Lighting Control Unit sau unitatea de control a sistemului automat (adaptiv) de reglare a nivelului de iluminare a farurilor autovehiculului. LCU controlează echipamentele de iluminare care presupun existența unor algoritmi logici de comandă și control (de exemplu sistemul de faruri adaptive).

(HVAC-CU) Heating, Ventilation and Air Conditioning Control Unit sau sistemul de reglare și control a încălzirii (Heating), ventilației (Ventilation) și climatizării (Air Conditioning) în habitaculul autovehiculului.



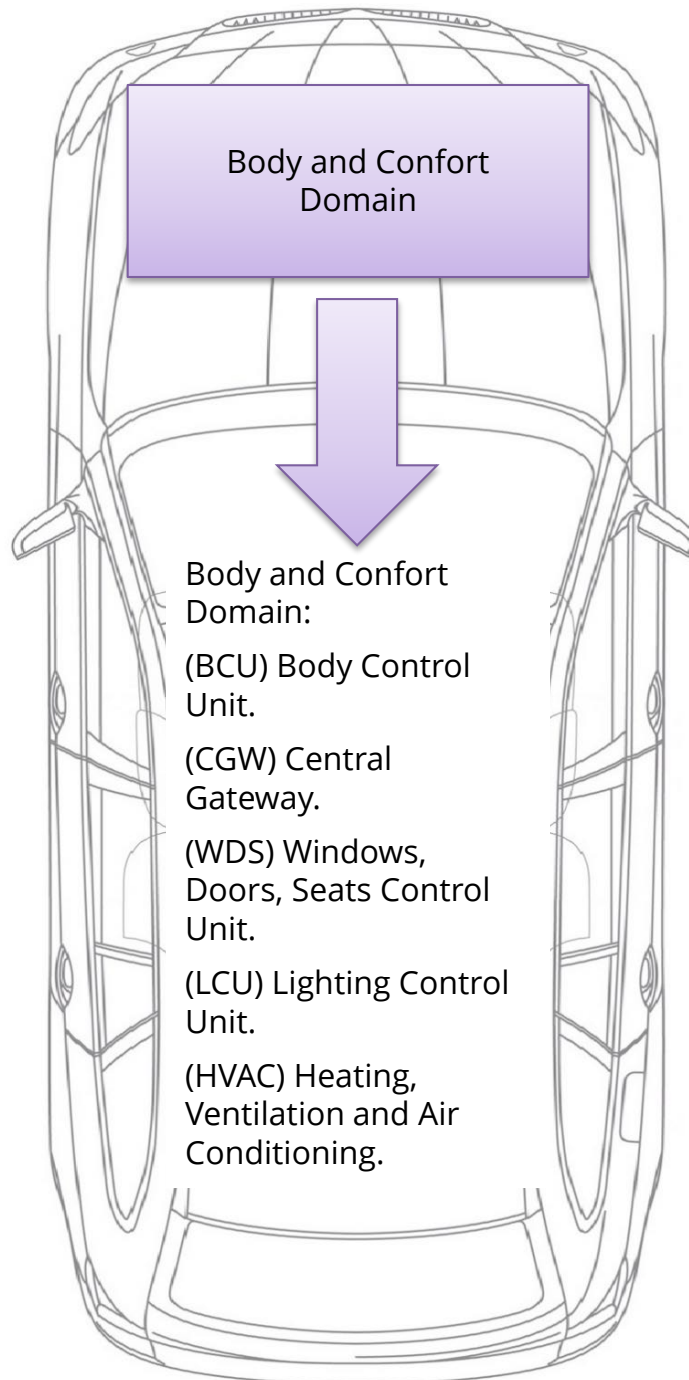


Figura 4.1 Body and Confort Domain

(4.2) Sistemul de control a elementelor șasiului, caroseriei și habitaculului

Body Control Unit (BCU) este unitatea de control responsabilă cu monitorizarea și controlul diverselor elemente și accesorii electronice care echipează șasiul, caroseria și habitaculul autovehiculului.

BCU comunică cu alte unități de control prin intermediul CAN Bus (figura 4.2) [1].

Principalele funcții ale BCU sunt:

(1) Controlul iluminării interioare și exterioare a autovehiculului: lămpi cu becuri incandescente, lămpi cu halogenuri metalice HID (High-Intensity Discharge), lămpi Xenon, lămpi cu LED (Light Emitting Diode), respectiv monitorizarea și diagnosticarea întregului sistem de iluminare (protecția la supraîncărcare și supratemperatură, detectarea întreruperii becurilor). BCU controlează elementele sistemului de iluminare care nu necesită algoritmi logici de funcționare și operează în general pe principiul ON/OFF (pornit/oprit).

(2) Senzori pentru controlul motoarelor pas cu pas pentru acționarea oglinzilor, ștergătoarelor de parbriz, a sistemului de spălare a parbrizului, a ferestrelor cu închidere/deschidere electrică, a poziției scaunelor, a cupolei panoramice, a încuietorilor, comanda și controlul sistemului de climatizare, respectiv pentru alte sisteme de acționare care folosesc motoare electrice.

(3) Sistemul de control al climatizării și ventilării habitaculului autovehiculului, a încălzirii scaunelor, a încălzirii volanului și a încălzirii oglinzilor exterioare.

(4) Controlul securității pentru sistemele de deschidere a portierelor fără cheie RKE (Remote Keyless Entry), a dispozitivului de blocare antifurt, a sistemului pasiv de pornire PASE (Passive Start and Entry), a sistemului de monitorizare a presiunii în pneuri TPMS (Tyre Pressure Monitoring System), respectiv a sistemului de management a energiei electrice.

(5) Interconectarea prin CAN Bus a diferitelor LIN Bus locale pentru a facilita interacțiunea dintre ele.

Toate sistemele integrate în autovehiculele actuale și gestionate prin intermediul BCU sunt sisteme scalabile alcătuite din module software compatibile AUTOSAR pentru a oferi posibilitatea de a fi oricând reconfigurate și adaptate unor modele provenite de la producători diferiți.



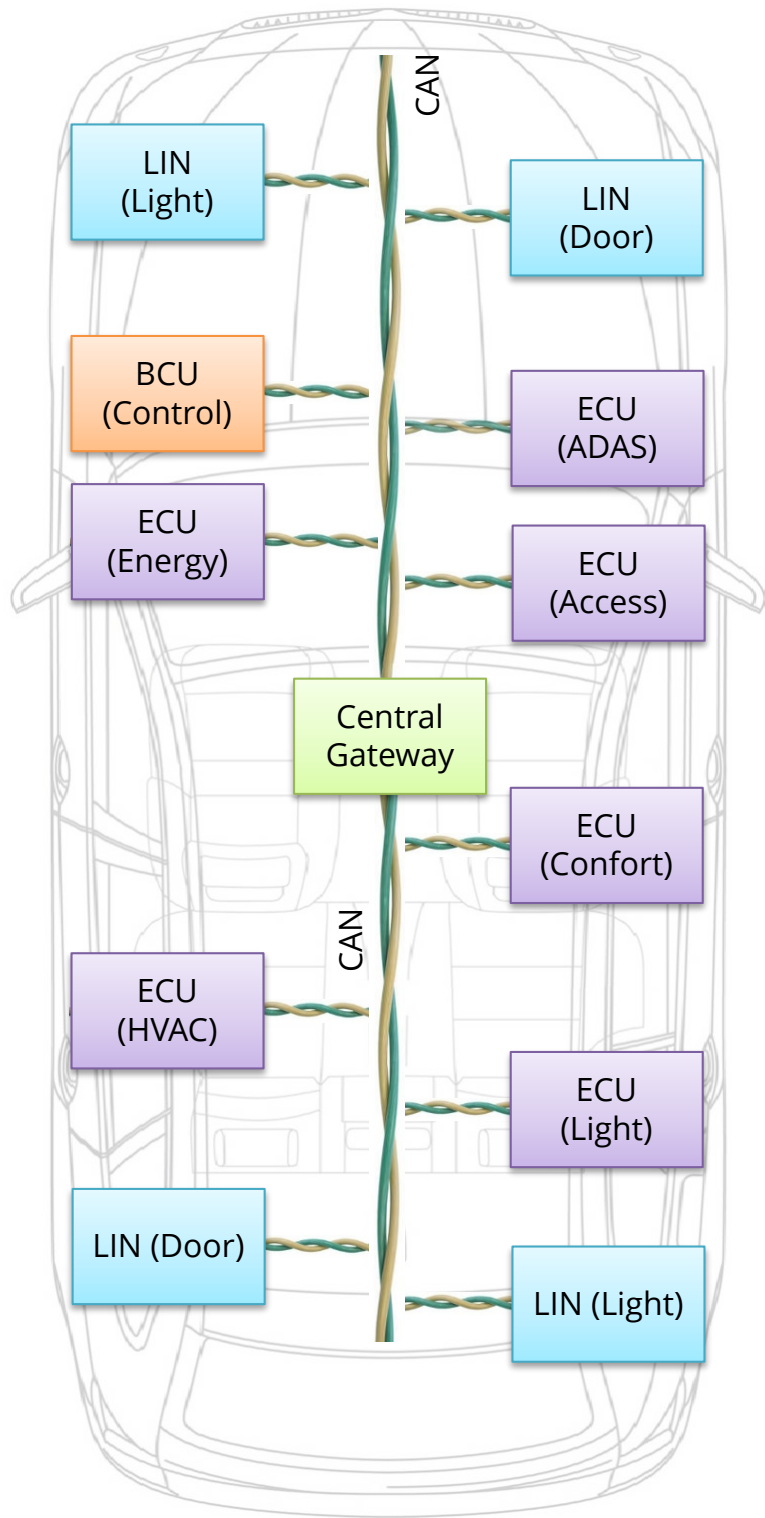


Figura 4.2 Sistemul de control a elementelor șasiului, caroseriei și habitaculului



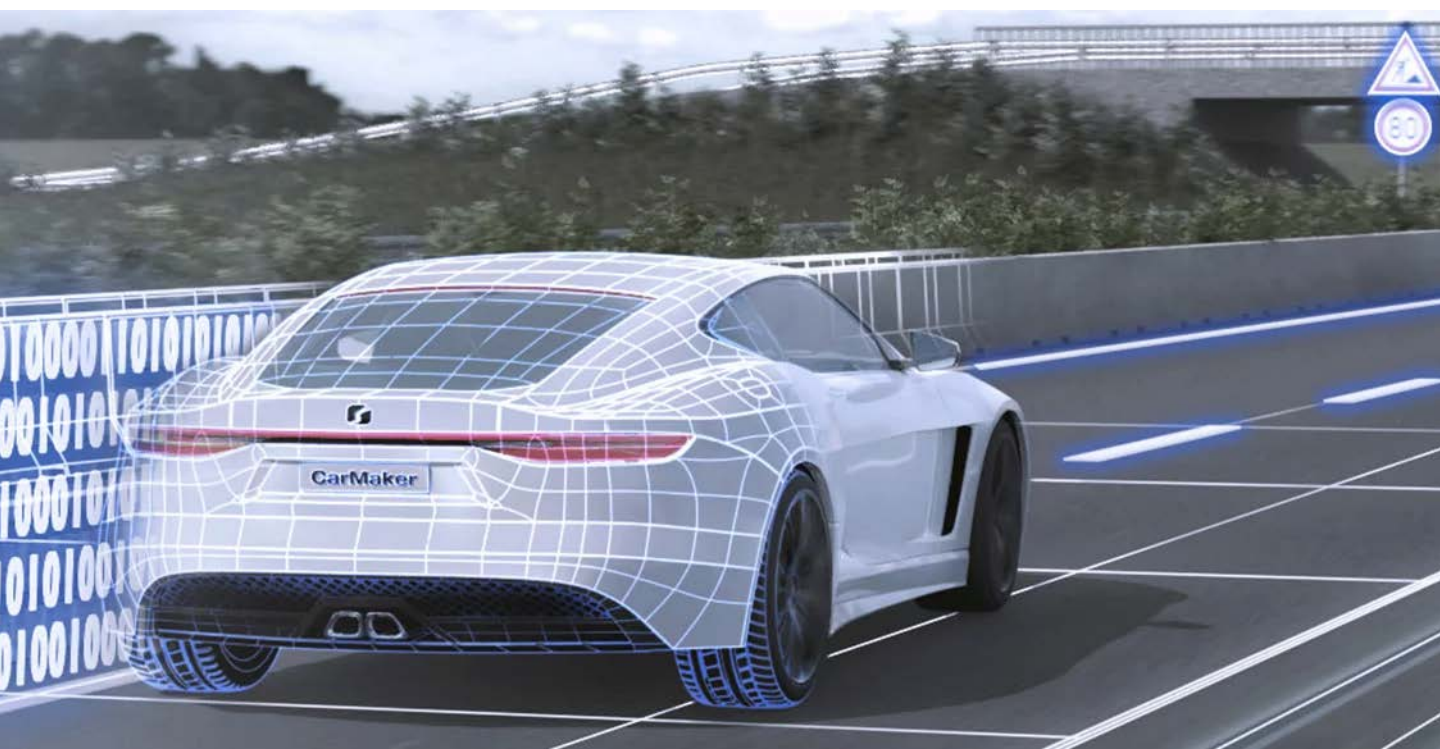
Bibliografie

- [1] <https://www.nxp.com/files-static/microcontrollers/doc/brochure/AUT-16759.pdf>
- [2] <https://www.ti.com/solution/body-control-module-bcm?variantid=14323>
- [3] Iclodean, C., Rețele de comunicație pentru autovehicule, Editura Risoprint, Colecția Scientia, Cluj-Napoca, 2017, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [4] <https://autodiagnoze.webnode.ro/>
- [5] <http://automotive.dasannetworks.com/en/products/products7.asp>
- [6] <https://1.ieee802.org/>
- [7] https://w220.wiki/Door_control_module
- [8] <http://altco.com.cn/en/AFS.aspx>
- [9] <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/adaptive-front-lighting-systems-afs/>
- [10] <https://www.pearsonhighered.com/assets/samplechapter/0/1/3/4/0134603699.pdf>
- [11] <https://www.pngwing.com/en/free-png-yjfzx>
- [12] Diga, D.; Severin, I.; Ignat, N.D. Quality Study on Vehicle Heat Ventilation and Air Conditioning Failure. Sustainability 2021, 13, 13441
- [13] <https://www.cedengineering.com/userfiles/HVAC%20System%20for%20Cars%20and%20Automotive%20Vehicles.pdf>



Capitolul 5

Comanda și controlul sistemelor de divertisment și informare



Cuprins

Capitolul 5 Comanda și controlul sistemelor de divertisment și informare

Cuprins	237
Abrevieri	239
(5.1) Sistemul de divertisment și informare	241
(5.2) Cluster de bord clasic cu instrumente	243
(5.3) Cluster de bord virtual cu instrumente	245
(5.4) Arhitectura sistemului de divertisment și informare	255
Bibliografie	261



Abrevieri

ADC	Analog Digital Converter
AF	Auto Frequency
AI	Artificial Intelligence
ARM	Advanced Risc Machine
AST	AutoSTore
AVC	Automatic Volume Control
CAN	Controller Area Network
CAN FD	Controller Area Network Flexible Data Rate
CPU	Central Processor Unit
DAC	Digital to Analog Converter
DDR	Double Data Rate
DSP	Digital Signal Processing
ECU	Electronic Control Unit
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
eMMC	embedded Multimedia Card
GPS	Global Positioning System
HAL	Hardware Abstraction Layer
HD	High Definition
HDMI	High-Definition Multimedia Interface
HMI	Human Machine Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
ICC	Instrument Cluster Classic Cockpit
IPC	Instructions Per Cycle



Capitolul 5 Comanda și controlul sistemelor de divertisment și informare

IRA	Infotainment Radio Architecture
IVC	Instrument Cluster Virtual Cockpit
IVI	In-Vehicle Infotainment
LED	Light Emitting Diode
LIN	Local Interconnect Network
MCU	Microcontroller Unit
MOST	Media Oriented Systems Transport
NAND	NOT-AND Non-Volatile Memory
NFC	Near Field Communication
OS	Operating System
OTA	Over The Air
PI	Programme Identification
RAM	Random Access Memory
RDS	Radio Data System
RFID	Radio Frequency Identification
RTOS	Real Time Operating System
SSD	Solid State Drive
SW-C	Software Component
TA	Traffic Announcement
TP	Traffic Programme
TPMS	Tire Pressure Monitoring System
USB	Universal Serial Bus
V2V	Vehicle-to-Vehicle



(5.1) Sistemul de divertisment și informare

Infotainment Domain (figura 5.1) sau domeniul care conține sistemele de divertisment și informare a conducătorului auto și a pasagerilor, interfețele audio-video, respectiv elementele care permit introducerea datelor de către utilizatori (ecrane tactile (Touch Screen), butoane (Keypad), panouri digitale (Digital Panel), comenzi vocale (Voice Command) etc.).

(ICC) Instrument (Cluster) Classic Cockpit sau tabloul cu instrumentele de bord este principala sursă de date pentru conducătorul auto și reprezintă legătura permanentă cu autovehiculul, fiind sursa de informare cu privire la regimul de funcționare a autovehiculului și a principalelor sisteme ale acestuia.

(IVC) Instrument (Cluster) Virtual Cockpit sau cluster-ul de instrumente digitale prezintă o gamă largă de informații cu privire la parametrii funcționali ai autovehiculului, dar și informații privind elementele de navigație, informații multimedia și/sau aplicații ale sistemelor de conducere asistată.

(IRA) Infotainment Radio Architecture sau sistemul de recepție pe unde FM a posturilor de radio, respectiv de transmitere a informațiilor și comunicărilor cu privire la situația și la evenimentele rutiere din trafic.



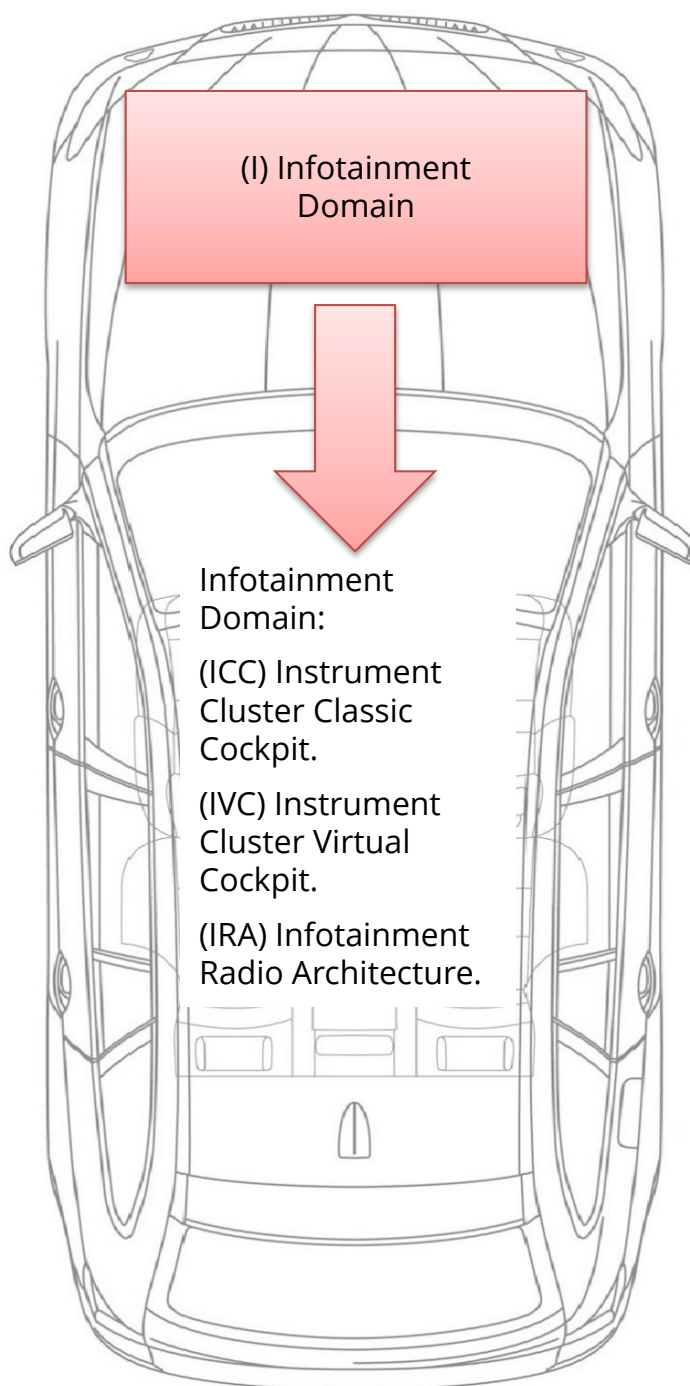


Figura 5.1 Infotainment Domain

(5.2) Cluster de bord clasic cu instrumente

Classic Cockpit sau tabloul cu instrumentele de bord reprezintă principala sursă de date și informare pentru conducătorul auto, oferind informații despre starea și funcționarea motorului, respectiv a autovehiculului și reprezintă legătura permanentă între conducătorul auto și autovehicul, fiind sursa de informare cu privire la regimul de funcționare a acestuia [1].

Principalele indicatoare comune existente pe tabloul cu instrumentele de bord (Classic Cockpit) sunt următoarele (figura 5.2) [1]:

- (1) **Speedometer** sau vitezometru care indică viteza de deplasare a autovehiculului.
- (2) **Tachometer** sau turometru care indică turația motorului.
- (3) **Odometer** sau odometru care indică distanța parcursă de autovehicul.
- (4) **Fuel Gauge** sau nivelul de combustibil existent în rezervor.
- (5) **Coolant Temperature Gauge** sau termometru care indică temperatura lichidului de răcire în motor.
- (6) **Check Engine Light** sau matorul de bord care indică o problemă tehnică ce necesită întreținere și/sau remediere.
- (7) **Coolant Temperature Light** sau matorul care indică depășirea temperaturii maxime a lichidului de răcire în motor (supraîncălzirea motorului).
- (8) **Seat Belt Warning** sau matorul care indică dacă conducătorul auto sau pasagerii nu și-au fixat centurile de siguranță.
- (9) **Oil Pressure Gauge** sau manometru care indică presiunea uleiului din motorul autovehiculului.
- (10) **Tire Pressure Monitoring System (TPMS)** sau sistemul de monitorizare a presiunii în anvelope care indică dacă presiunea în anvelope scade sub o anumită valoare.
- (11) **Gear Shift Position** sau treapta de viteză selectată și/sau pentru autovehicule echipate cu transmisii manuale, recomandări cu privire la treapta de viteză corespunzătoare regimului curent de funcționare a autovehiculului.



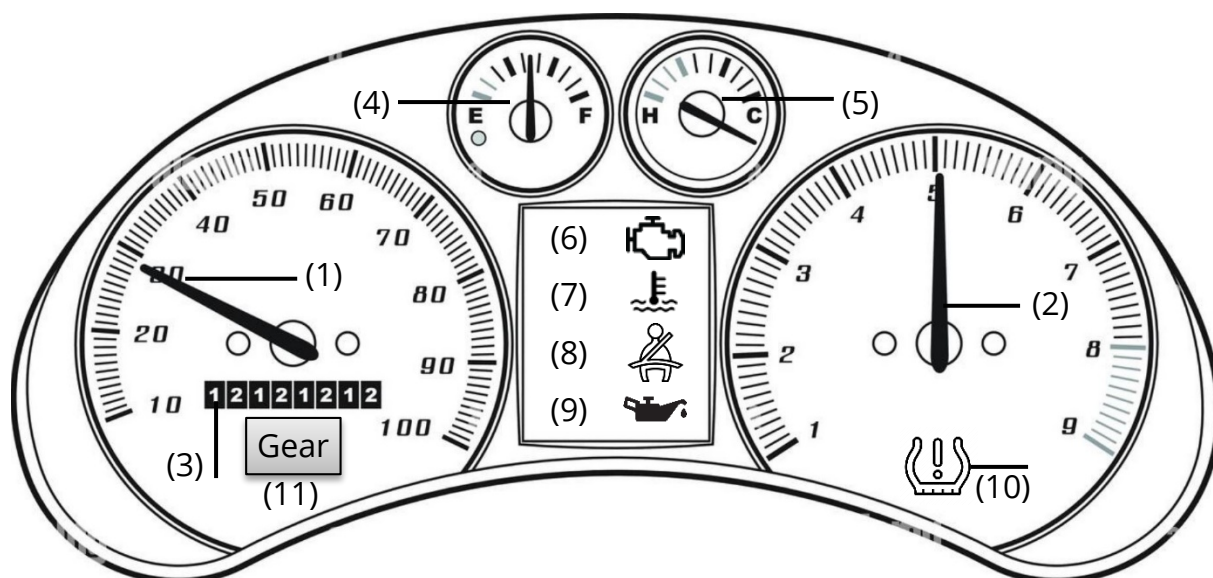


Figura 5.2 Instrument Cluster Classic Cockpit

Autovehiculele actuale sunt echipate cu un panou de tip Virtual Cluster de instrumente care conține afișaje digitale ce pot fi personalizate. Conducătorul auto poate selecta afișarea unui Classic Cockpit bazat pe instrumente clasice sau afișarea unui Virtual Cockpit bazat pe caracteristici Infotainment care conține navigație și funcții smart.

Electronic Control Unit (ECU) transmite informațiile care sunt afișate pe Instrument Cluster cu privire la parametrii monitorizați. Cu toate acestea există afișate informații care sunt transmise de la anumiți senzori [2]:

(S1) Vehicle Speed Sensor sau senzorii de viteză al autovehiculului.

(S2) Engine Coolant Sensor sau senzorul de temperatură al lichidului de răcire din motorul autovehiculului.

(S3) Fuel Sensor sau senzorul pentru nivelul de combustibil din rezervor.

(S4) Crankshaft Sensor sau senzorul de poziție al arborelui cotit.

(S5) Airbag/SRS Sensor sau senzorul de stare al sistemului Airbag/SRS Sensor.

(S6) Seatbelt Sensor sau senzorul de cuplare a centurilor de siguranță.

(S7) Oil Level Sensor sau senzorul pentru nivelul de ulei.

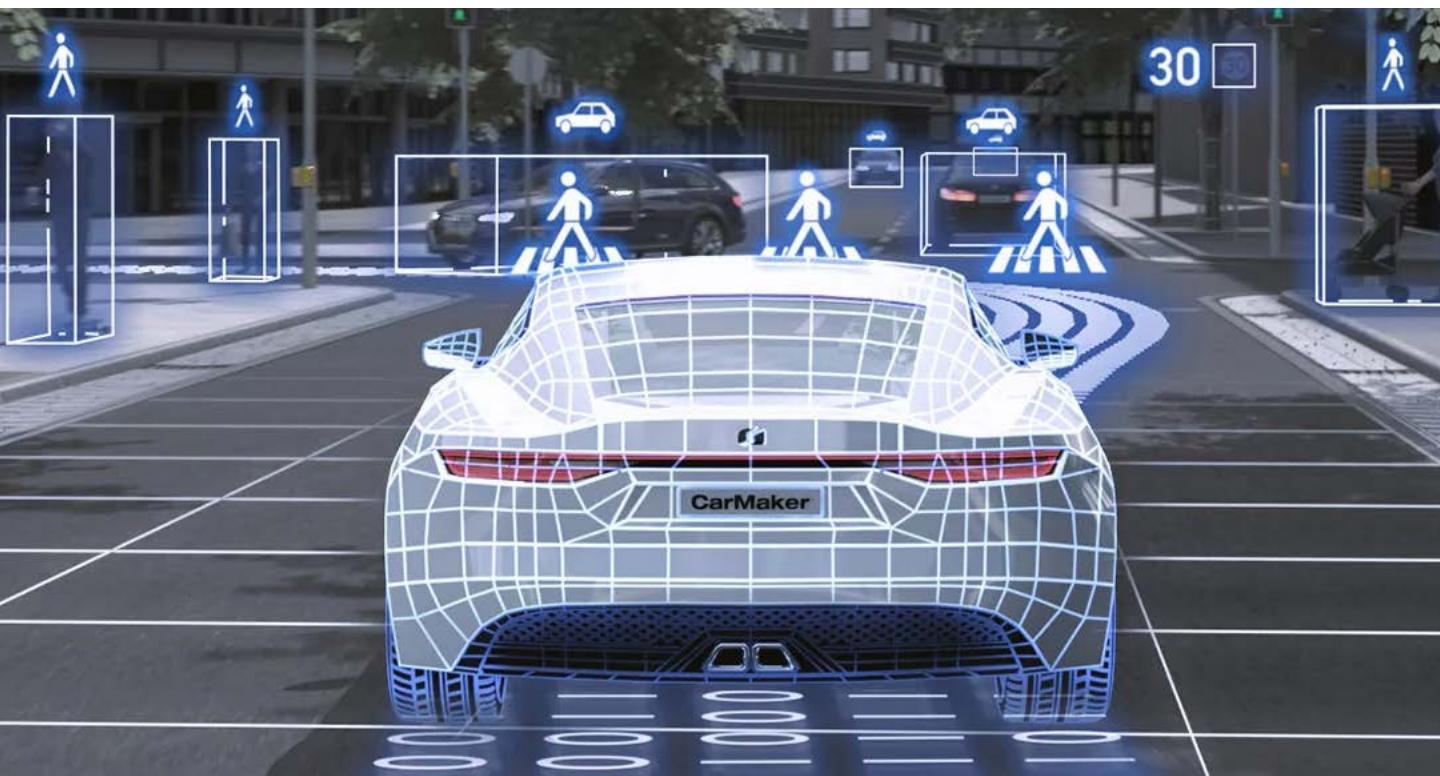
Bibliografie

- [1] Iclodean, C., Rețele de comunicație pentru autovehicule, Editura Risoprint, Colecția Scientia, Cluj-Napoca, 2017, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [2] <https://www.ecutesting.com/categories/instrument-cluster-explained/>
- [3] <https://www.visteon.com/products/instrument-clusters/>
- [4] <https://www.visteon.com/products/infotainment/>
- [5] <https://www.visteon.com/products/domain-controller/>
- [6] https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/systems/instrument_cluster.html
- [7] <https://www.eenewsautomotive.com/en/new-radio-tuner-architecture-moving-the-radio-and-antenna-closer-together-2/>
- [8] <https://www.einfochips.com/blog/everything-you-need-to-know-about-in-vehicle-infotainment-system/>
- [9] <https://www.electronics-notes.com/articles/audio-video/broadcast-audio/rds-radio-data-system-basics-tutorial.php>
- [10] <https://kknews.cc/zh-my/car/pv8v45e.html>
- [11] <https://www.tek.com/en/blog/taking-in-vehicle-infotainment-into-the-future>



Capitolul 6

Comanda și controlul sistemelor telematice



Cuprins

Capitolul 6 Comanda și controlul sistemelor telematice

Cuprins	265
Abrevieri	267
(6.1) Sistemul telematic	271
(6.2) Sistemul de conducere autonom	274
(6.3) Comunicații V2X	298
(6.4) Sistemul de asistență cu senzori ultrasonici	305
(6.5) Sistemul de asistență cu senzori radar	309
(6.6) Sistemul de control pentru funcții telematice	314
Bibliografie	317



Abrevieri

ABS	Anti-lock Braking System
ACC	Adaptive Cruise Control
ACC-FR	Adaptive Cruise Control Full Range
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADC	Analog Digital Converter
ADS	Autonomous Driving System
AEB	Automated Emergency Brake
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
APS*	Automatic Parking System
AUTOSAR	AUTomotive Open System Architecture
BS	Base Station
BSD	Blind Spot Detection
BSDR	Blind Spot Detection Radar
BSM	Basic Safety Message
BSW	Blind Spot Warning
BTP/GN	Basic Transport Protocol/Geo Networking
CAN	Controller Area Network
CAN-FD	CAN with Flexible Data Rate
CAS	Collision Avoidance System
CAS*	Conditional Automation System
CLW	Control Loss Warning
CPM	Collective Perception Message
CRC	Cyclic Redundancy Check



C-V2X	Cellular Vehicle-to-Everything
DDT	Dynamic Driving Task
DFE	Digital Front End
DMA	Direct Memory Access
DNPW	Do-Not-Pass Warning
DSP	Digital Signal Processor
DSRC	Dedicated Short Range Communication
EB	Emergency Braking
ECU	Electronic Control Unit
EEBL	Emergency Electronic Brake Light
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
ESC	Electronic Stability Control
FAS	Full Automation System
FCTA	Forward Cross Traffic Alert
FCW	Forward Collision Warning
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HAS	High Automation System
HIL	Hardware-In-the-Loop
HMI	Human Machine Interface
I2C	Inter-Integrated Circuit
IF	Intermediate Frequency
IMA	Intersection Movement Assist
IMU	Inertial Measurement Unit
IPO	Input Process Output
ITS	Intelligent Transportation System
LCA	Lane Change Assistant
LCW	Lane Change Warning
LDM	Local Dynamic Map
LIN	Local Interconnect Network
LKA	Lane Keeping Assist



LKC	Lane Keeping Control
LNA	Low-Noise Amplifier
LR	Long Range
LRR	Long Range Radar
LTA	Left Turn Assist
LTE-V2X	Long Term Evolution for V2X
LVDS	Low Voltage Differential Signaling
MCU	Microcontroller Unit
MLS	Merging Lanes Safely
MPA	Microwave Power Amplifier
MOST	Media Oriented System Transport
ODD	Operational Design Domain
OEM	Original Equipment Manufacturer
OTA	Over The Air
PA	Park Assist
PAS	Parking Assistance System
PAS*	Partial Automation System
PI	Proportional Integral
POI	Point-Of-Interest
PSAP	Public Safety Access Point
QSPI	Quad Serial Peripheral Interface
RAM	Random Access Memory
RCTA	Rear Cross Traffic Alert
RDM	Radar Data Memory
RF	Radio Frequency
RG	Ramp Generator
RP	Radio Processor
RS	Radar System
RS-CU	Radar System Control Unit
RSU	Roadside Units
RT	Real Time



RTOS	Real Time Operating System
RVF	Radar Video Fusion
SCP	Service/Content Provider
SPCC	Service Provider Call Center
SPI	Serial Peripheral Interface
SRR	Short Range Radar
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TCU*	Telematics Control Unit
TOF	Time Of Flight
TOPS	Terra Operations Per Second
TNOS	Telematics Network Operations System
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
UAS	Ultrasonic Assistance System
UTM	Urchin Tracking Module
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2P	Vehicle-to-Pedestrian
V2V	Vehicle-to-Vehicle
V2X	Vehicle-to-Everything
VPN	Virtual Private Network
VRU	Vulnerable Road User
WAVE	Wireless Access in Vehicular Environments
WCI	Wireless Communications Infrastructure



(6.1) Sistemul telematic

Telematics (Telecommunications + Informatics) sau telematica este o tehnologie de comunicație pentru industria automotive bazată pe schimbul de informații între autovehiculele inteligente, sau între autovehiculele inteligente și infrastructura inteligentă prin intermediul rețelelor de comunicație mobile.

Telematica este un domeniu interdisciplinar care cuprinde tehnologii legate de transportul rutier, siguranța rutieră, inginerie în domeniul electronicii, informaticii, mecanicii etc. (sisteme încorporate, senzori, actuatori, comunicații radio și Wireless, multimedia, internet) toate cu aplicații în domeniul automotive.

Aplicațiile telematicii în domeniul automotive sunt următoarele [1]:

(1) Cybersecurity sau securitate cibernetică:

- (1a) Vehicle Tracking sau localizarea și urmărirea autovehiculelor.
- (1b) Secure Connection sau acces securizat la sistemele autovehiculului.
- (1c) Over The Air (OTA) sau update online a aplicațiilor software.

(2) Safety sau siguranța funcțională:

- (2a) Automatic Crash Notification sau notificarea evenimentelor rutiere.
- (2b) Emergency Assistance sau asistență de urgență pentru conducătorii auto.
- (2c) Vehicle-to-Vehicle (V2V) sau sisteme de comunicație inter-vehiculare.

(3) Navigation sau navigație:

- (3a) Traffic Information sau informații din trafic.
- (3b) Geofencing sau definirea unui perimetru virtual pentru o zonă geografică reală.
- (3c) Point-of-Interest (POI) sau marcarea punctelor de interes din proximitate.
- (3d) Navigation Assistant sau asistență la navigație.

(4) Entertainment sau divertisment:

- (4a) Audio/Video sau redare audio video.
- (4b) Internet Radio FM sau radio FM de pe internet.



(4c) Streaming Content sau conținut de fluxuri de date.

(4d) Synchronization with Home Entertainment Library sau sincronizare cu librăriile de divertisment personale.

(4e) Establish High Bandwidth Connection sau stabilirea unor conexiuni de bandă largă.

(4f) Video Conferencing sau servicii de video conferință.

(5) Diagnostics sau diagnosticare definită prin scanare pentru diagnosticare detaliată (la distanță, evidențiere depășire valori limită etc.), colectarea datelor, identificarea codurilor de eroare la diagnosticare.

Telematics Domain sau domeniul care conține tehnologia de comunicație bazată pe schimbul de informații între autovehiculele inteligente, sau între autovehiculele inteligente și infrastructura inteligentă prin intermediul rețelelor mobile de comunicație.

(ADS) Autonomous Driving System sau sistemul de conducere autonom conține unitatea de control care asigură funcționarea autovehiculului autonom sau a autovehiculelor echipate cu sisteme de conducere asistată a conducătorului auto ADAS (Advanced Driver-Assistance System), sisteme care funcționează pe baza algoritmului de conducere autonomă și în directă legătură cu regimul de funcționare a autovehiculului și a obiectelor statice și dinamice din proximitatea autovehiculului autonom.

(V2X) V2X Communication sau conceptul Vehicle-to-Everything în general și conceptele V2V (Vehicle-to-Vehicle), V2I (Vehicle-to-Infrastructure) și V2P (Vehicle-to-Pedestrian) în particular asigură legături de comunicație între autovehicule și mediul înconjurător inteligent (autovehicule, infrastructură, pietoni etc.), destinate creșterii siguranței și eficienței traficului.

(UAS) Ultrasonic Assistance System sau sistemul format din senzorii de proximitate (Ultrasonic Sensors) care au rolul de a semnaliza obstacolele ce pot să apară în imediata proximitate a autovehiculului.

(RS) Radar System sau sistemul de asistență a conducătorului auto la deplasare care asigură următoarele funcții: Blind Spot Detection (BSD), Lane Change Assistant (LCA), Rear Cross Traffic Alert (RCTA), Forward Cross Traffic Alert (FCTA) sau Radar Video Fusion (RVF).

(PAS) Parking Assistance System sau sistemul de ghidare parțial sau total automatizat care asigură manevrabilitatea autovehiculului pentru a facilita manevrele de parcare ale acestuia.

(TCU*) Telematics Control Unit sau sistemul de control care are rolul de a conecta un autovehicul la infrastructura externă prin intermediul unei conexiuni Wireless sau radio și de a asigura localizarea, monitorizarea, informarea și asistența la conducere a autovehiculului în trafic.



Telematics Domain include următoarele sisteme electronice pentru comanda și controlul sistemului telematic (figura 6.1) [2]:

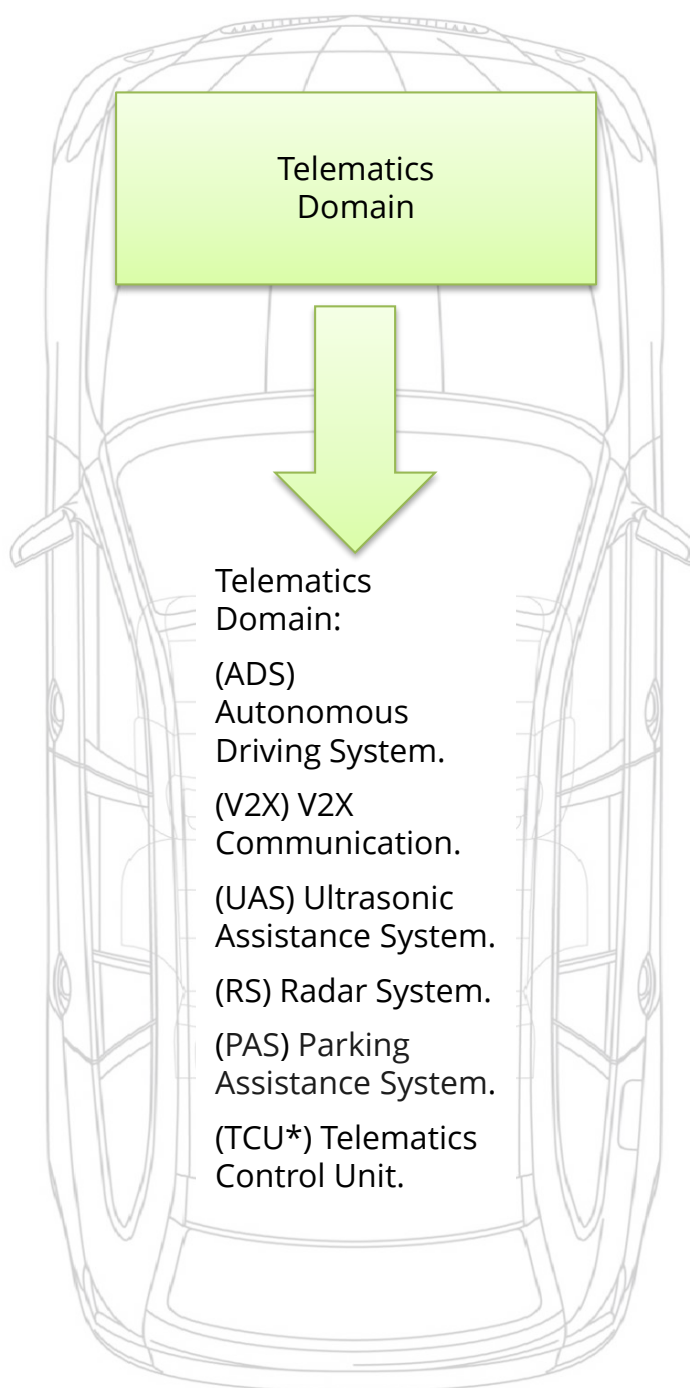


Figura 6.1 Telematics Domain

(6.2) Sistemul de conducere autonom

Electronic Control Unit (ECU) sau unitatea de comandă și control este un complex de module electronice utilizate pentru comanda și controlul unor parametrii care stabilesc funcționarea autovehiculului autonom pe baza algoritmului de conducere autonomă și în directă legătură cu regimul de funcționare al autovehiculului. Principiul după care funcționează ECU este denumit IPO (Input Process Output): introducere date, prelucrare date, generare date.

Autonomous Driving System (ADS) sau sistemul de conducere autonom are la bază ECU care primește informații de la senzori, iar pe baza specificațiilor algoritmului de control a sistemului de conducere autonom și a regimul de funcționare al autovehiculului, generează semnale de comandă pentru principalele sisteme de acționare: sistemul de propulsie, sistemul de direcție și sistemul de frânare.

În calitate de nod central de comunicație, CGU (Central Gateway Unit) acționează ca un router pentru comunicația între unitățile de control dintr-un autovehicul pe magistrale de date (LIN (Local Interconnect Network), CAN (Controller Area Network), FlexRay, MOST (Media Oriented System Transport), Ethernet).

Senzorii care echipază autovehiculul autonom realizează o scanare completă a mediului în care circulă acesta pentru a distinge toate tipurile de obiecte statice (clădiri, copaci etc.) și dinamice (pietoni, autovehicule etc.), mediu înconjurător, particularitățile căii de rulare etc., atât pe timpul zilei cât și pe timpul nopții la vizibilitate redusă.

Informațiile provenite de la senzori sunt colectate de sistemul de conducere autonom, care va analiza aceste date și va controla deplasarea în condiții de siguranță maximă.

SAE International prin standardul J3016_202104 [3] (figura 6.2) [4] "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles" a definit șase nivele de automatizare în controlul autovehiculelor. Standardul descrie sistemele de automatizare și asistență în conducerea autovehiculelor care au rolul parțial sau total de a prelua sarcinile de conducere dinamică DDT (Dynamic Driving Task).



Bibliografie

- [1] https://profs.info.uaic.ro/~conti/presentations_2020/C03_Architecture-Of-Telematics-Systems.pdf
- [2] Iclodean, C., Rețele de comunicație pentru autovehicule, Editura Risoprint, Colecția Scientia, Cluj-Napoca, 2017, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [3] https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/
- [4] https://www.sae.org/binaries/content/gallery/cm/content/news/sae-blog/j3016graphic_2021.png
- [5] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, Springer-Verlag Germany 2022, DOI: 10.1007/978-3-642-39440-9
- [6] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordoș, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022, ISBN: 978-3-031-14677-0
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Microbolometer>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_reckoning
- [9] <https://www.oponeo.co.uk/blog/what-europeans-actually-think-of-autonomous-cars>
- [10] Iclodean, C.; Cordos, N.; Varga, B.O. Autonomous Shuttle Bus for Public Transportation: A Review. *Energies* 2020, 13, 2917 <https://doi.org/10.3390/en13112917>
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Mobileye>
- [12] Vargas, J.; Alsweiss, S.; Toker, O.; Razdan, R.; Santos, J. An Overview of Autonomous Vehicles Sensors and Their Vulnerability to Weather Conditions. *Sensors* 2021, 21, 5397 <https://doi.org/10.3390/s21165397>
- [13] <https://www.audi-mediacycenter.com/en/photos/detail/sensor-areas-of-environment-observation-52926>
- [14] <https://www.ti.com/product/AWR1843>
- [15] [https://en.wikichip.org/wiki/tesla_\(car_company\)/fsd_chip](https://en.wikichip.org/wiki/tesla_(car_company)/fsd_chip)



- [16] <https://spectrum.ieee.org/6-key-connectivity-requirements-of-autonomous-driving>
- [17] <https://www.audi-technology-portal.de/en/electrics-electronics/driver-assistant-systems/audi-a8-central-driver-assistance-controller-zfas>
- [18] https://en.wikipedia.org/wiki/Nvidia_Drive
- [19] <https://www.renesas.com/us/en/document/fly/renesas-r-car-v3u>
- [20] <https://pcisig.com/sites/default/files/files/DriveWorld%20PCI-SIG%20-%20Accelerating%20Automotive%20Connectivity%2C%20from%20Infotainment%20to%20ADAS.pdf>



Capitolul 7

Rețele de comunicație pentru autovehicule



Cuprins

Capitolul 7 Rețele de comunicație pentru autovehicule

Cuprins	321
Abrevieri	323
(7.1) Clasificarea rețelelor de comunicație pentru autovehicule	327
(7.2) Local Interconnect Network (LIN)	330
(7.3) Controller Area Network (CAN)	345
(7.4) FlexRay Network	375
(7.5) Media Oriented System Transport (MOST) Network	401
(7.6) Automotive Ethernet Network	413
Bibliografie	417



Abrevieri

ACC	Adaptive Cruise Control
ACK	ACKnowledgement
ACKF	ACKnowledgement Field
ADAS	Advanced Driver Assistance System
ADH	Arbitration Data H
ADS	Arbitration Data Sequence
AF	Arbitration Field
AF*	Acceptance Field
AP	Arbitration Phase
AUTOSAR	AUTomotive Open System Architecture
BA	Bus Administrator
BC	Bus Controller
BD	Bus Driver
BG	Bus Guardian
BM	Bus Minus
BMS	Battery Management System
BP	Bus Plus
BRS	Bit Rate Switch
CAN	Controller Area Network
CAN-FD	Controller Area Network Flexible Data Rate
CAN xL	Controller Area Network eXtended Length
CAS	Collision Avoidance Symbol
CC	Communication Controller
CF	Control Field



Capitolul 7 Rețele de comunicație pentru autovehicule

CID	Communication Idle Delimiter
Cn	Connector
CRC	Cyclic Redundancy Check
CRCF	Cyclic Redundancy Check Field
DA	Destination Address
DAS	Data to Arbitration Sequence
DAH	Data to Arbitration H
DEL	Delimiter
DF	Data Field
DL	Data Length
DLC	Data Length Code
DoCAN	Diagnostic over CAN
DoIP	Diagnostic over IP
DP	Data Phase
DTS	Dynamic Trailing Sequence
EBP	Electronic Brake Pedal
ECU	Electronic Control Unit
EDL	Extended Data Length
E/E	Electrical/Electronic
EIF	Extended Identifier Field
EMB	Electromechanical Brake
EMB-CU	Electromechanical Brake Control Unit
EMI	Electromagnetic Interference
EOC	Electrical/Optical Converter
EOF	End Of Frame
ePhy	Electrical Physical Layer
ERRN	Error NOT
ESD	Electrostatic Discharge
ESI	Error State Indicator
ESP	Electronic Stability Program
FBlock	Function Block



Capitolul 7 Rețele de comunicație pentru autovehicule

FC	FlexRay Controller
FCP	Format Check Pattern
FCRC	Frame Cyclic Redundancy Check
FDF	Flexible Data Frame
FTDMA	Flexibil Time Division Multiple Access
HC	Host Controller
HMI	Human Machine Interface
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
ID	Identifier
IDE	Identifier Extension
IFS	Inter Frame Space
INIC	Intelligent Network Interface Controller
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
LDF	LIN Description File
LIN	Local Interconnect Network
LSB	Least Significant Bits
LTE	Long Term Evolution
MAC	Media Access Control
MCU	Microcontroller Unit
MOST	Media Oriented System Transport
MT	Macrotick
MTS	Media Test Symbol
NCF	Node Capability File
NIC	Network Interface Controller
NIT	Network Idle Time
OBD	On-Board Diagnostics
OEC	Optical/Electrical Converter
oPhy	Optical Physical Layer
OSI	Open Systems Interconnection
PCRC	Preface Cyclic Redundancy Check



POC	Protocol Operation Control
POF	Plastic Optical Fiber
resXL	reserved eXtended Length
RFI	Radio Frequency Interference
RRS	Request Substitute Remote
RTOS	Real Time Operating System
RTR	Remote Transmission Request
R _x	Receive
SA	Source Address
SAE	Society of Automotive Engineering
SBC	Stuff Bit Count
SCI	Serial Communication Interface
SDT	Service Data unit Type
SEC	Simple or Extended Content
SNPD	Slave Node Position Detection
SOC	Start Of Cycle
SOF	Start of Frame
SOME/IP	Scalable service-Oriented MiddlewarE over IP
SRR	Substitute Remote Request
STBN	Standby NOT
TCP	Transmission Control Protocol
TCU*	Telematic Control Unit
T _x	Transmission
T _x EN	Transmit Data Enable Not
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter
UDS	Unified Diagnostic Services
UTP	Unshielded Twisted Pair
XCP	Universal Measurement and Calibration Protocol
XLF	Extended Length Field
VCID	Virtual CAN network ID
μT	Microtick



(7.1) Clasificarea rețelelor de comunicație pentru autovehicule

Numărul unităților electronice de control care echipează un autovehicul modern poate depăși o sută de unități, iar cantitatea de informație care trebuie transmisă între aceste unități este de domeniul Big Data și crește cu fiecare nou dispozitiv electronic adăugat în arhitectura constructivă a unui autovehicul. Complexitatea și numărul mare de ECU care intră în componența unui autovehicul au dus la necesitatea dezvoltării unor rețele de comunicație rapide și performante. Rețele de comunicație prezentate în cele ce urmează sunt următoarele (tabelul 7.1) [1]:

Tabel 7.1 Clasificarea rețelelor de comunicație

Clasa	Viteză transmisie date	Aplicații	Rețea
A	Low ≤ 10 kbps	Sensors, Actuators, ON/OFF	LIN
B	Medium ≤ 125 kbps	ECU for Body/Confort	CAN_L
C	High ≤ 1 Mbps	ECU for Powertrain/Chassis	CAN_H
C+	Very High ≤ 10 Mbps	Real-Time Safety Systems	FlexRay
D	Very High ≥ 10 Mbps	Multimedia and Infotainment	MOST

1) LIN (Local Interconnect Network) este o rețea de comunicație Low Cost pentru aplicațiile de tip acționare ON/OFF dintr-un autovehicul.

(2) CAN (Controller Area Network) este o rețea de comunicație care suportă distribuția de comenzi în timp real cu un grad ridicat de securitate, totodată este cea mai comună rețea de comunicație dintr-un autovehicul.

(3) FlexRay este o rețea de comunicație deterministă, tolerantă la erori și de mare viteză care se folosește în aplicațiile de siguranță dintr-un autovehicul.

(4) MOST (Media Oriented System Transport) o rețea de comunicație care oferă un sistem eficient pentru transportul unor volume mari de date.

(5) Ethernet for Automotive este o rețea de comunicație de mare viteză (100-1000 Mbps) utilizată pentru conectarea unor sisteme electronice care echipează un autovehicul.



Capitolul 7 Rețele de comunicație pentru autovehicule

Rețelele de comunicație reprezintă o metodă modernă de interconectare a sistemelor încorporate care sunt integrate în arhitectura constructivă a unui autovehicul sub forma unei rețele de noduri (fiecare sistem încorporat, ECU sau controler electronic din construcția unui autovehicul este considerat ca fiind un nod (Node) în una dintre rețelele de comunicație din autovehicul). Costurile de implementare per nod cresc odată cu creșterea vitezei de transmitere a datelor, respectiv odată cu complexitatea rețelei de comunicație (figura 7.1).

Protocoalele de comunicație aplicate în industria automotive în conformitate cu standardele internaționale [2] sunt definite prin seturi de reguli necesare pentru a transmite informațiile sistemelor încorporate folosind canalele de comunicație. Aceste protocoale de comunicație au rolul de a standardiza pachetele de date, modul de transmitere a acestor date, autentificarea nodurilor în rețea și detectarea erorilor care pot să apară pe durata transmisiei [3].

Accesul mai multor noduri simultan în rețea este organizat prin atribuirea magistralei sau prin procedura de arbitraj. Accesul nodurilor în rețea poate fi de tip centralizat coordonat prin protocolul de comunicație sau descentralizat coordonat prin gestionarea priorităților la nivel de nod.

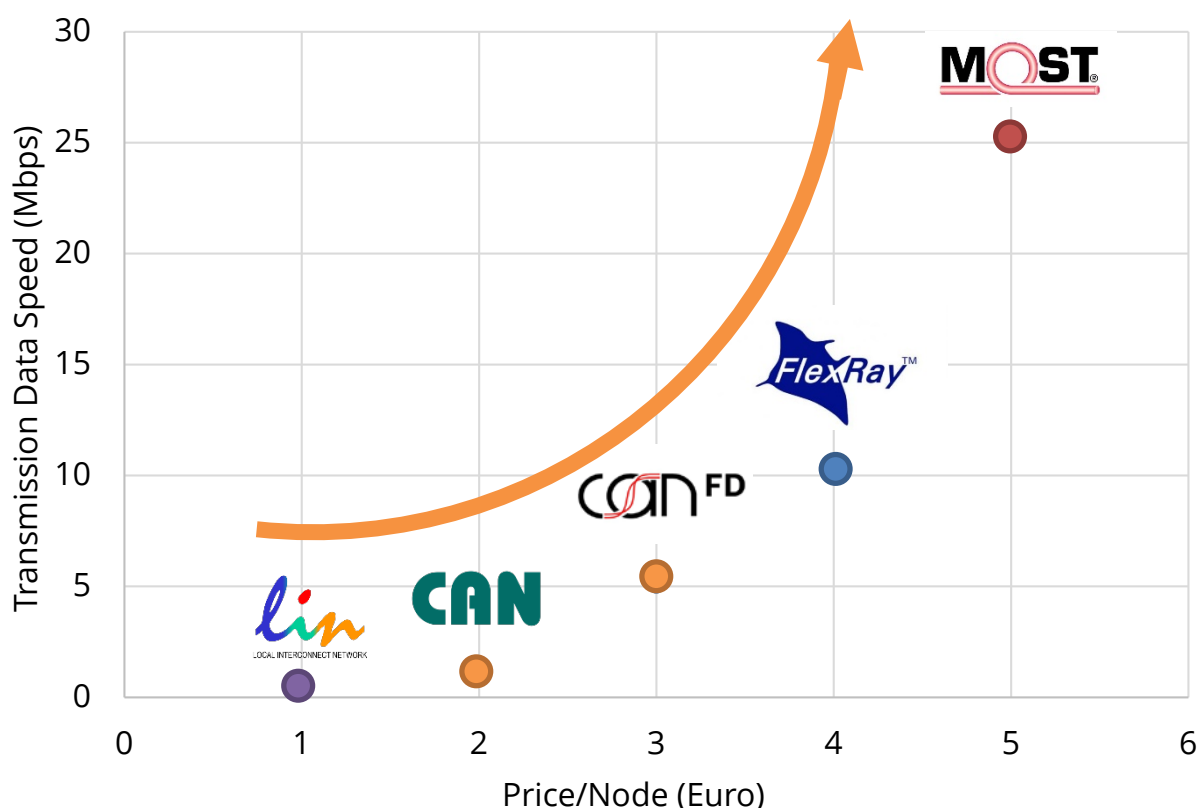


Figura 7.1 Costul implementării rețelelor de comunicație pentru autovehicule



Capitolul 7 Rețele de comunicație pentru autovehicule

Predicțiile cu privire la evoluția viitoare a rețelilor de comunicație pentru autovehicule (In-Vehicle Communication Network) se bazează pe faptul că toate ECU existente în structura unui autovehicul vor fi standardizate și cuprinse într-o arhitectură consolidată pe autovehicul (E/E (Electrical/Electronic) Architecture) [4], arhitectură distribuită pe domenii funcționale (tabelul 7.2) [3].

Tabel 7.2 Caracteristicile rețelilor de comunicație pe domenii

Domeniu	Power-train	Trans-mission	Safety/Chassis	Body and Confort	Tele-matics
Dimensiune aplicații	2 MB	4-5 MB	1-2 MB	2-3 MB	100 MB
ECU interconectate	3-6	6-10	10-15	15-30	5-15
Transmitere mesaje (T_x)	≤ 40	≤ 200	≤ 20	≤ 300	≤ 700
Topologie de rețea	Liniar (Linear)	Liniar (Linear)	Stea (Star)	Liniar (Linear)	Inel (Ring)
Lățime de bandă	500 kbps	500 kbps	10 Mbps	100 kbps	25 Mbps
Cicluri de comunicație	10 ms ... 10 s	10 ms ... 10 s	50 ms	50 ms ... 2 s	20 ms ... 0.5 s
Nivel de siguranță	High	High	Very High	Low	Low

Arhitectura software este structurată conform standardului AUTOSAR (AUTomotive Open System Architecture) într-un format deschis, distribuită pe platforme hardware comune. Creșterea numărului de senzori dintr-un autovehicul necesită gruparea senzorilor pe domenii funcționale, respectiv utilizarea de senzori virtuali (Software Sensors) și/sau de senzori inteligenți (Intelligent Sensors). Integrarea unor senzori inteligenți în arhitectura E/E va avea rolul de a preprocesa datele și de a transmite comenzi direct către actuatori, cu informarea retroactivă a ECU despre acțiunile respective.

Volumul mare de date care au legătură directă cu regimurile de funcționare ale unui autovehicul, respectiv cu privire la mediul în care rulează acest autovehicul impun utilizarea soluțiilor de Cloud Computing pentru a combina datele specifice autovehiculului cu datele generale despre mediu, respectiv cu datele referitoare la traficul din proximitatea traseului utilizat pentru deplasare.

O altă predicție referitoare la gestionarea volumelor mari de date (Big Data) este cu privire la introducerea și extinderea rețelei Ethernet în arhitectura E/E a unui autovehicul, în special pentru magistrala centrală de date, cu aplicații în fuziunea senzorilor (Sensor Fusion).



(7.2) Local Interconnect Network (LIN)

Local Interconnect Network (LIN) sau rețeaua de comunicație LIN a fost dezvoltată de Consorțiul LIN în anul 1999. Consorțiul era format în principal din marii jucători din industria de automobile: Audi AG, BMW AG, Daimler Chrysler AG, Volkswagen AG, Volvo Cars Corporation AB, Motorola și Volcano Technologies.

LIN (Local Interconnect Network) [5], standardizat prin ISO 17987 este o rețea de comunicație dezvoltată pentru rețelele de mici dimensiuni ale autovehiculelor, care realizează legătura între senzori, ECU și actuatorii existente în structura unui autovehicul.

LIN oferă performanțe și o fiabilitate redusă, fiind o alternativă Low-Cost pentru rețeaua de comunicație CAN. Versiunea LIN Specification Package Revision 2.2A/2010 conține specificațiile arhitecturii constructive și ale protocolului de comunicație [6].

Standardul ISO 17987 acoperă următoarele cerințe OSI (Open Systems Interconnection) (figura 7.2):

(L1) ISO 17987-1:2016 [7] Road vehicles LIN Part 1: General information and use case definition.

(L2) ISO 17987-2:2016 [8] Road vehicles LIN Part 2: Transport protocol and network layer services.

(L3) ISO 17987-3:2016 [9] Road vehicles LIN Part 3: Protocol specification.

(L4) ISO 17987-4:2016 [10] Road vehicles LIN Part 4: Electrical Physical Layer (EPL) specification 12V/24V.

(L5) ISO/TR 17987-5:2016 [11] Road vehicles LIN Part 5: Application programmers' interface (API).

(L6) ISO 17987-6:2016 [12] Road vehicles LIN Part 6: Protocol conformance test specification.

(L7) ISO 17987-7:2016 [13] Road vehicles LIN Part 7: Electrical Physical Layer (EPL) conformance test specification.

(L8) ISO 17987-8:2019 [14] Road vehicles LIN Part 8: Electrical Physical Layer (EPL) specification: LIN over DC powerline.



Bibliografie

- [1] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, Springer-Verlag Germany 2022, DOI: 10.1007/978-3-642-39440-9
- [2] https://www.sae.org/standards/content/j2057/1_200609/
- [3] Iclodean, C.; Rețele de comunicație pentru autovehicule, Risoprint Ed. 2017, Cluj-Napoca, Romania, ISBN: 978-973-53-1992-2
- [4] <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/mobility-topics/ee-architecture/>
- [5] <https://lin-cia.org/standards/>
- [6] https://lin-cia.org/fileadmin/microsites/lin-cia.org/resources/documents/LIN_2.2A.pdf
- [7] <https://www.iso.org/standard/61222.html>
- [8] <https://www.iso.org/standard/61223.html>
- [9] <https://www.iso.org/standard/61224.html>
- [10] <https://www.iso.org/standard/61225.html>
- [11] <https://www.iso.org/standard/69116.html>
- [12] <https://www.iso.org/standard/61227.html>
- [13] <https://www.iso.org/standard/61229.html>
- [14] <https://www.iso.org/standard/71044.html>
- [15] https://www.sae.org/standards/content/j2602-1_202110/
- [16] https://www.sae.org/standards/content/j2602-2_202110/
- [17] https://www.sae.org/standards/content/j2602-3_202110/
- [18] Mariașiu, F., Iclodean, C. Managementul Motoarelor cu Ardere Internă, Editura Risoprint, Cluj-Napoca, 2013, ISBN 978-973-53-1004-2
- [19] <https://www.nxp.com/docs/en/brochure/BRINVEHICLENET.pdf>
- [20] <https://www.can-cia.org/>
- [21] <https://www.iso.org/standard/83292.html>



- [22] <https://www.iso.org/standard/63648.html>
- [23] <https://www.iso.org/standard/67244.html>
- [24] <https://www.iso.org/standard/36055.html>
- [25] <https://www.iso.org/standard/45280.html>
- [26] <https://www.iso.org/standard/36306.html>
- [27] <https://www.iso.org/standard/59165.html>
- [28] <https://www.iso.org/standard/55284.html>
- [29] <https://www.iso.org/standard/66574.html>
- [30] <https://www.iso.org/standard/84211.html>
- [31] <https://www.iso.org/standard/78384.html>
- [32] <https://www.iso.org/standard/75582.html>
- [33] <https://www.iso.org/standard/59166.html>
- [34] <https://www.iso.org/standard/69841.html>
- [35] https://profs.info.uaic.ro/~conti/presentations_2020/C12_Communications%20in%20modern%20automotive%20systems.pdf
- [36] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=336>
- [37] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=334>
- [38] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=338>
- [39] <http://esd.cs.ucr.edu/webres/can20.pdf>
- [40] <https://can-newsletter.org/assets/files/ttmedia/raw/e5740b7b5781b8960f55efcc2b93edf8.pdf>
- [41] https://can-newsletter.org/engineering/engineering-miscellaneous/200103_2020s-decade-welcome-can-xl_cia
- [42] <https://www.bosch-semiconductors.com/ip-modules/can-protocols/can-xl/>
- [43] <https://svn.ipd.kit.edu/nlrp/public/FlexRay/FlexRay%E2%84%A2%20Protocol%20Specification%20Version%203.0.1.pdf>
- [44] <https://www.iso.org/standard/46046.html>
- [45] <https://www.iso.org/standard/46047.html>
- [46] <https://www.iso.org/standard/59804.html>
- [47] <https://www.iso.org/standard/59806.html>
- [48] <https://www.iso.org/standard/59807.html>
- [49] <https://www.iso.org/standard/59808.html>
- [50] <https://www.iso.org/standard/59809.html>



- [51] <https://svn.ipd.kit.edu/nlrp/public/FlexRay/FlexRay%E2%84%A2%20Protocol%20Specification%20Version%203.0.1.pdf>
- [52] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=385>
- [53] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=388>
- [54] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=387>
- [55] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=380>
- [56] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=381>
- [57] <https://elearning.vector.com/mod/page/view.php?id=373>
- [58] Kim, J., Jo, C., Kwon, Y., Cheon, J. et al., "Electro-Mechanical Brake for Front Wheel with Back-up Braking," SAE Int. J. Passenger Cars - Mech. Syst. 7(4):1369-1373, 2014, <https://doi.org/10.4271/2014-01-2538>
- [59] https://www.audi-technology-portal.de/en/chassis/suspension-control-systems/audi-magnetic-ride_en
- [60] <https://www.audi-technology-portal.de/en/download?file=999>
- [61] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aquarius_Engines_Series_Hybrid_Powertrain.jpg
- [62] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-1:ed-1:v1:en>
- [63] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-2:ed-1:v1:en>
- [64] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-3:ed-1:v1:en>
- [65] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-4:ed-1:v1:en>
- [66] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-5:ed-1:v1:en>
- [67] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-6:ed-1:v1:en>
- [68] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-7:ed-1:v1:en>
- [69] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-8:ed-1:v1:en>
- [70] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-9:ed-1:v1:en>
- [71] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-10:ed-1:v1:en>
- [72] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-11:ed-1:v1:en>
- [73] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-12:ed-1:v1:en>
- [74] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-13:ed-1:v1:en>
- [75] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-14:ed-1:v1:en>
- [76] <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21806:-15:ed-1:v1:en>



[77] Grzemba, A., MOST The Automotive Multimedia Network, from MOST25 to MOST 150, <https://www.mostcooperation.com/specifications/download/most-the-automotive-multimedia-network/>

[78] Robert Bosch GmbH (ed.), Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics, DOI 10.1007/978-3-658-01784-2_7, Springer, 2014

[79] https://support.ixiacom.com/sites/default/files/resources/whitepaper/ixia-automotive-ethernet-primer-whitepaper_1.pdf

[80] <https://www.ti.com/lit/wp/szzy009/szzy009.pdf?ts=1596122064880>

[81] He, Q.; Meng, X.; Qu, R.; Xi, R. Machine Learning-Based Detection for Cyber Security Attacks on Connected and Autonomous Vehicles. Mathematics 2020, 8, 1311

[82] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordoș, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022, ISBN: 978-3-031-14677-0



Capitolul 8

Standardul AUTOSAR



Cuprins

Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

Cuprins	423
Abrevieri	425
(8.1) Introducere în AUTOSAR	433
(8.2) AUTOSAR clasic	436
(8.3) AUTOSAR adaptiv	472
(8.4) Interfața aplicațiilor AUTOSAR	489
(8.5) AUTOSAR pentru conducerea autonomă	535
(8.6) Stive AUTOSAR	539
Bibliografie	547



Abrevieri

AA	Adaptive Applications
ABS	Anti-lock Braking System
ACC	Adaptive Cruise Control
ACK	Acknowledgement
ADC	Analog Digital Converter
ADS	Autonomous Driving System
AES	Advanced Embedded System
AI	Artificial Intelligence
API	Application Programming Interface
ARA	AUTOSAR Runtime for Adaptive Applications
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
ATWS	Anti-Theft Warning System
AUTOSAR	AUTomotive Open System Architecture
BAS	Brake Assist System
BNDM	Bulk Non-Volatile Data Manager
BPC	Body Pitch Control
BRWS	Basic Rear Wheel Steering
BRC	Body Roll Control
BRHC	Body Ride Height Control
BSAS	Basic Steering Angle Superposition
BSTS	Basic Steering Torque Superposition
BSW	Basic Software
BSWM	Basic Software Mode Manager
BUSIF	Bus Interface

Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

BUSTP	Bus Transport Protocol
BUSNM	Bus Network Manager
BUSSM	Bus State Manager
CA	Cooperative Awareness
CAN	Controller Area Network
CANIF	CAN Network Manager Interface
CANNM	CAN Network Manager
CANSM	CAN State Manager
CANTP	CAN Transport Protocol
CBC	Cornering Brake Control
CC	Communication Controller
CCU	Capture Compare Unit
CDD	Complex Driver Design
CHLH	Coming Home Leaving Home
COM	Communication
COMM	Communication Manager
CM	CAN Manager
CS	Communication Services
CSM	Crypto Service Manager
DCM	Diagnostic Communication Manager
DEN	Decentralized Environmental Notification
DEM	Diagnostic Event Manager
DET	Default Error Tracer
DIO	Digital Input Output
DMA	Direct Memory Access
DoIP	Diagnostic communication over Internet Protocol
E2E	End-to-End
EA	EEPROM Abstraction
EBD	Electronic Brake force Distribution
ECU	Electronic Control Unit
ECUM	ECU State Manager



Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

EEP	EEPROM Driver
EEPROM	Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory
EPB	Electric Parking Brake
ESC	Electronic Stability Control
Ethernet IF	Ethernet Network Manager Interface
Ethernet NM	Ethernet Network Manager
Ethernet SM	Ethernet State Manager
Ethernet TP	Ethernet Transport Protocol
ETHIF	Ethernet Interface
FIFO	First-In-First-Out
FlexRay IF	FlexRay Network Manager Interface
FlexRay NM	FlexRay Network Manager
FlexRay SM	FlexRay State Manager
FlexRay TP	FlexRay Transport Protocol
GPS/GNSS	Global Positioning System/Global Navigation Satellite System
GPT	General Purpose Timer
FEE	Flash EEPROM Emulation
FIM	Function Inhibition Manager
FLS	Flash Driver
FOTA	Firmware Over The Air
HDC	Hill Descent Control
HHC	Hill Hold Control
HMI	Human Machine Interface
HUD	Head-Up Display
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
ICU	Input Capture Unit
IDS	Intrusion Detection System Manager
IMU	Inertial Measurement Unit
IoT	Internet of Things
I/O	Input/Output
IPC	Inter-Process Communication



IPDU	Interaction layer Protocol Data Units
IPDUM	IPDU Multiplexer
ITS	Intelligent Transport System
JSON	JavaScript Object Notation
LIDAR	Laser Imaging, Detection, And Ranging
LIN	Local Interconnect Network
LIN IF	LIN Network Manager Interface
LIN NM	LIN Network Manager
LIN SM	LIN State Manager
LIN TP	LIN Transport Protocol
MAC	Message Authentication Code
MCAL	Microcontroller Abstraction Layer
MCU	Microcontroller Unit
MEMACC	Memory Access
MEM_DFLS	Memory Data Flash
MEM_EEP	Memory EEPROM
MEM_EXFLS	Memory Extend Flash
MEMIF	Memory Abstraction Interface
MEM_PFLS	Memory Program Flash
MME	Minimal Embedded System
MMU	Memory Management Unit
MPES	Multi-Purpose Embedded System
MPU	Memory Protection Unit
NM	Network Manager
NMIF	Network Manager Interface
NVM	Non-Volatile RAM Manager
NVRAM	Non-Volatile Random Access Memory
OCU	Output Compare Unit
OEM	Original Equipment Manufacturer
ORA	Occupant Restraint system Activation
OS	Operating System



OTA	Over The Air
PASE	PAssive Start and Entry
PCP	Programmable Communications Processor
PDC	Park Distance Control
PDU	Protocol Data Units
PDUR	Protocol Data Units Router
POD	PitchOver Detection
POSIX	Portable Operating System Interface
PWM	Pulse Width Modulation
Radar	RAdio Detection And Ranging
RAM	Random Access Memory
RC&WFC	Ride Control and Wheel Force Control
RESTful	Representational State Transfer
RKE	Remote Keyless Entry
ROD	RollOver Detection
ROM	Read Only Memory
RSC	Roll Stability Control
RTE	Runtime Environment
RTOS	Real Time Operating Systems
SDAS	Steering Driver Assistance System
SecOC	Secure On-board Communication
SM	State Manager
SOA	Service Oriented Architecture
SOAD	Socket Adaptor
SOC	Service Oriented Communications
SOC*	Start Of Combustion
SOME/IP	Scalable Service-Oriented MiddlewarE over IP
SPI	Serial Peripheral Interface
SR	Situation Recognition
SSAA	Superposition Steering Angle Actuation
SSL	Secure Socket Layer



SSTA	Superposition Steering Torque Actuation
STBM	Synchronized Time Based Manager
SVSC	Steering Vehicle Stabilizing Control
SW-C	Software Component
TBR	Time Base Resources
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TCS	Traction Control System
TLS	Transport Layer Security
TP	Transport Protocol
TPU	Time Processor Unit
TS	Time Service
UDS	Unified Diagnostic Services
UI	User Interface
URI	Uniform Resource Identifier
V2X	Vehicle-to-Everything
VCD	Vehicle Crash Detection
VFB	Virtual Functional Bus
VLAN	Virtual Local Area Network
VLC	Vehicle Longitudinal Control
VM	Vehicle Model
WDGM	Watchdog Manager
WG	Working Groups
WG-A	WG Architecture Team
WG-AIF	WG Application Interface
WG-AP	WG Adaptive Platform
WG-AP-CCT	WG-AP Central Coding Team
WG-AP-CLD	WG-AP Cloud
WG-AP-DI	WG-AP Demonstrator Integrator
WG-AP-EMO	WG-AP Execution Management and OS Interface
WG-AP-PER	WG-AP Persistency
WG-AP-ST	WG-AP System Test



Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

WG-CLD	WG Cloud Services
WG-CP	WG Classic Platform
WG-CP-LIB	WG-CP Libraries
WG-CP-MCBD	WG-CP Multicore Basic Software Distribution
WG-CP-MCL	WG-CP Microcontroller Abstraction Layer and NVRAM
WG-CP-RTE	WG-CP Runtime Environment
WG-DIA	WG Diagnostics
WG-IVC	WG In-Vehicle Communications
WG-MT	WG Methodology and Templates
WG-RES	WG Resources
WG-SAF	WG Safety Team
WG-SEC	WG Automotive Security
WG-TSY	WG Time Synchronization
WG-UCM	WG Update and Configuration Management
WG-V2X	WG Vehicle-to-Everything
YRC	Yaw Rate Control



(8.1) Introducere în AUTOSAR

În prezent ingineria aplicată în domeniul automotive cuprinde tehnologii software și hardware încorporate cum ar fi Cloud Computing, sisteme de operare în timp real RTOS (Real Time Operating Systems), sisteme de siguranță și securitate etc.

AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture) [1] este o arhitectura software deschisă, utilizată în proiectarea unităților electronice de control ECU (Electronic Control Unit), arhitectură organizată pe nivele (Layers) grupate într-o platformă software în care se pot integra componente software SW-C (Software Component) provenite de la diverși producători, astfel încât acestea să poată folosi în comun resursele unui microcontroler.

AUTOSAR oferă o abstractizare a unor elemente hardware astfel încât să permită reutilizarea unor componente software de către diferite ECU și să asigure o interfață standardizată care să permită comunicația între diferite componente software prin mecanisme de comunicație independente de rețelele de comunicație din autovehicul.

Practic, AUTOSAR facilitează compatibilitatea între elementele hardware (Microcontroller) și software (Application Layer) de la diferiți producători [2].

Principiile care stau la baza dezvoltării AUTOSAR au următoarele obiective:

- (1) Standardizarea interfeței între funcțiile aplicației software și funcțiile de bază.
- (2) Definiția unei arhitecturi de referință pentru arhitectura software a unui ECU.
- (3) Standardizarea modulelor software pentru procesele de dezvoltare distribuite.
- (4) Scalabilitate pentru diferite variante și platforme pentru autovehicule.
- (5) Integrarea modulelor funcționale provenite de la mai mulți furnizori.
- (6) Mentenanță și actualizări software pe toată durata de viață a autovehiculului.

AUTOSAR este un parteneriat de dezvoltare al producătorilor de autovehicule și al producătorilor de componente pentru autovehicule OEM (Original Equipment Manufacturer) la nivel mondial care include marii jucători din industria automotive (producători de autovehicule, furnizori de elemente și echipamente pentru autovehicule, furnizorii de servicii hardware și software în domeniul industriei auto).



Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

Există nouă companii care au înființat parteneriatul AUTOSAR pentru a consolida expertiza companiilor partenere din industriile automotivă și pentru a defini un standard de arhitectură bazat pe un sistem deschis pentru autovehicule. Aceste companii fac parte din Core Partners și sunt : BMW, Bosch, Continental, Daimler, Ford, General Motors, PSA Group, Toyota și Volkswagen Group [3].

O altă categorie sunt companiile grupate în Premium Partners [4] care colaborează cu companiile ce formează Core Partners și Development Partners [5] pentru dezvoltarea continuă a standardelor de bază AUTOSAR.

Alte categorii de parteneri sunt Associate Partners [6], care folosesc standardele actuale AUTOSAR, respectiv participanții Attendees [7] care colaborează cu Core Partners, Premium Partners și Development Partners pentru a defini și dezvolta standardele AUTOSAR.

Toate activitățile care au drept scop dezvoltarea și mentenanța platformelor (Classic Platform, Adaptive Platform), a testelor de acceptanță (Acceptance Test), a aplicațiilor de interfață (Application Interfaces), respectiv a celorlalte standarde AUTOSAR, sunt susținute de grupurile de lucru comune WG (Working Groups) prezentate în tabelul 8.1, respectiv de grupurile de lucru personalizate pe platformele Classic AUTOSAR și Adaptive AUTOSAR prezentate în tabelul 8.2 [8].

Tabel 8.1 Grupuri de lucru AUTOSAR

Cross Standard WG (Working Groups)			
WG-A Architecture Team (Arhitectura software)	WG-MT Methodology and Templates (Metodologie și standardizare)	WG-SEC Automotive Security (Securitatea cibernetică)	WG-SAF Safety Team (Siguranța funcțională ISO26262)
WG-AIF Application Interfaces (Interfețe standardizate)	WG-CLD Cloud Services (Servicii Cloud Computing)	WG-DIA Diagnostics (Cerințe de diagnosticare)	WG-IVC In- Vehicle Communications (Protocoalele de comunicație)
WG-RES Resources (Resurse sisteme incorporate)	WG-TSY Time Synchronizations (Sincronizarea semnalelor între modulele platformei AUTOSAR)	WG-UCM Update and Configuration Management (Actualizări OTA Over The Air)	WG-V2X Vehicle- to-X (Caracteristici V2V/V2I/V2G/V2P)

Capitolul 8 Standardul AUTOSAR

Tabel 8.2 Grupuri de lucru personalizate AUTOSAR

Classic Platform WG-CP (Grup de lucru platformă clasică AUTOSAR)		Adaptive Platform WG-AP (Grup de lucru platformă adaptivă AUTOSAR)	
WG-CP-RTE Runtime Environment (Definirea mediului de rulare)	WG-CP-MCBD Multicore Basic Software Distribution (Utilizarea eficientă a resurselor)	WG-AP-EMO Execution Management and OS Interface (Execuția adaptivă a aplicației)	WG-AP-DI Demonstrator Integration (Validarea cerințelor și caracteristicilor grupurilor de lucru)
WG-CP-LIB Libraries (Definirea funcțiilor bibliotecii AUTOSAR)	WG-CP-MCL Classic Platform Microcontroller Abstraction Layers and NVRAM (Straturile de abstractizare)	WG-AP-ST System Test (Definirea și execuția testelor de sistem)	WG-AP-PER Persistency (Stocarea persistentă a datelor, asigurarea integrității datelor)
		WG-AP-CCT Central Coding Team (Coordonarea implementării clusterelor funcționale)	WG-AP-CLD Cloud (Implementarea serviciilor de Cloud Computing)

(8.2) AUTOSAR clasic

Arhitectura Classic AUTOSAR este caracterizată prin cel mai înalt grad de abstractizare între cele trei nivele software care rulează pe microcontroler: aplicații (Application Layer), mediu de rulare RTE (Runtime Environment), respectiv software de bază BSW (Basic Software).

Conceptul esențial în dezvoltarea Classic AUTOSAR este magistrala funcțională virtuală VFB (Virtual Functional Bus), care are rolul de a facilita integrarea și rularea aplicațiilor software (AUTOSAR SW-C1 ... AUTOSAR SW-Cn) pe platforma hardware formată din ECU1 ... ECU_n interconectate prin intermediul rețelelor de comunicație din autovehicul.

Magistrala funcțională virtuală VFB gestionează comunicația atât între modulele din interiorul unui ECU, cât și comunicația între diferite ECU din arhitectura constructivă a unui autovehicul (figura 8.1) [9].

Interface Modul are rolul de permite accesarea modulelor care sunt amplasate arhitectural pe un strat inferior.

Handler este o interfață specifică care controlează accesul unuia sau mai multor clienți la unul sau mai multe drivere. Principalele funcții ale unui Handler sunt: Buffering, Queueing, Arbitration, Multiplexing.

Manager oferă servicii de management specifice pentru mai mulți clienți. Principalele funcții ale unui manager sunt de gestionare, evaluare, modificare și adaptare a conținutului de date.

Libraries sunt colecții de funcții utilizate pentru scopuri conexe, acestea pot fi apelate de toate modulele BSW.

Arhitectura constructivă AUTOSAR oferă mecanismele necesare pentru a asigura independența și compatibilitatea între produsele software și hardware. Conceptul principal al arhitecturii standardizate AUTOSAR este separarea aplicațiilor software de platforma hardware prin intermediul stratului de abstractizare software.



Bibliografie

- [1] <https://www.autosar.org/>
- [2] <https://www.autosar.org/standards/classic-platform/>
- [3] <https://www.autosar.org/about/current-partners/core-partners/>
- [4] <https://www.autosar.org/about/current-partners/premium-partners/>
- [5] <https://www.autosar.org/about/current-partners/development-partners/>
- [6] <https://www.autosar.org/about/current-partners/associate-partners/>
- [7] <https://www.autosar.org/about/current-partners/attendees/>
- [8] <https://www.autosar.org/working-groups/>
- [9] Sundharam, S.M.; Iyengar, P.; Pulvermueller, E. Software Architecture Modeling of AUTOSAR-Based Multi-Core Mixed-Critical Electric Powertrain Controller. Modelling 2021, 2, 706-727
- [10] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_LayeredSoftwareArchitecture.pdf
- [11] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_TR_ClassicPlatformReleaseOverview.pdf
- [12] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_TR_Methodology.pdf
- [13] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_CPSWArchitecturalDecisions.pdf
- [14] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_MCUDriver.pdf
- [15] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_MCUDriver.pdf
- [16] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_GPTDriver.pdf
- [17] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WatchdogDriver.pdf



- [18] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CoreTest.pdf
- [19] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_MemoryDriver.pdf
- [20] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlashTest.pdf
- [21] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_RAMTest.pdf
- [22] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_FlashDriver.pdf
- [23] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EEPROMDriver.pdf
- [24] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CryptoDriver.pdf
- [25] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WirelessEthernetDriver.pdf
- [26] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_SPIHandlerDriver.pdf
- [27] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_LINDriver.pdf
- [28] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANDriver.pdf
- [29] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlexRayDriver.pdf
- [30] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EthernetDriver.pdf
- [31] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_OCUDriver.pdf
- [32] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_ICUDriver.pdf (accesat la 15 decembrie 2022)
- [33] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_PWMDriver.pdf (accesat la 15 decembrie 2022)
- [34] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_ADCCDriver.pdf (accesat la 15 decembrie 2022)
- [35] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_DIODriver.pdf (accesat la 15 decembrie 2022)

- [36] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_PortDriver.pdf
- [37] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_SecureOnboardCommunication.pdf
- [38] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WatchdogInterface.pdf
- [39] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_MemoryHWAbstractionLayer.pdf
- [40] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EEPROMAbstraction.pdf
- [41] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlashEEPROMEmulation.pdf
- [42] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CryptoInterface.pdf
- [43] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WirelessEthernetDriver.pdf
- [44] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WirelessEthernetTransceiverDriver.pdf
- [45] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_COM.pdf
- [46] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_COM.pdf
- [47] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANInterface.pdf
- [48] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANTransceiverDriver.pdf
- [49] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_IOHardwareAbstraction.pdf
- [50] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_CDDDesignAndIntegrationGuideline.pdf
- [51] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_OS.pdf
- [52] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_OS.pdf
- [53] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_DiagnosticEventManager.pdf



- [54] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_ECUStateManager.pdf
- [55] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FunctionInhibitionManager.pdf
- [56] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_DefaultErrorTracer.pdf
- [57] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_SynchronizedTimeBaseManager.pdf
- [58] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_TimeService.pdf
- [59] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_WatchdogManager.pdf
- [60] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_COMManager.pdf
- [61] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_BSWModeManager.pdf
- [62] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/20-11/AUTOSAR_SWS_NVRAMManager.pdf
- [63] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_UtilizationOfCryptoServices.pdf
- [64] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CryptoServiceManager.pdf
- [65] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_KeyManager.pdf
- [66] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/foundation/21-11/AUTOSAR_PRS_IntrusionDetectionSystem.pdf
- [67] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_V2XCommunication.pdf
- [68] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_V2XManagement.pdf
- [69] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_V2XFacilities.pdf
- [70] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_V2XBasicTransport.pdf
- [71] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_V2XGeoNetworking.pdf



- [72] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_NetworkManagementInterface.pdf
- [73] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_LINInterface.pdf
- [74] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANInterface.pdf
- [75] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlexRayInterface.pdf
- [76] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EthernetInterface.pdf
- [77] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/4-3/AUTOSAR_SWS_LINNetworkManagement.pdf
- [78] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANNetworkManagement.pdf
- [79] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlexRayNetworkManagement.pdf
- [80] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_LINStateManager.pdf
- [81] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANStateManager.pdf
- [82] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlexRayStateManager.pdf
- [83] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EthernetStateManager.pdf
- [84] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_SAEJ1939TransportLayer.pdf
- [85] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CANTransportLayer.pdf
- [86] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlexRayARTransportLayer.pdf
- [87] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_PDURouter.pdf
- [88] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_DiagnosticLogAndTrace.pdf
- [89] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_DiagnosticCommunicationManager.pdf



- [90] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_LargeDataCOM.pdf
- [91] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_IPDUMultiplexer.pdf
- [92] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_SecureOnboardCommunication.pdf
- [93] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_COMBasedTransformer.pdf
- [94] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_SOMEIPTransformer.pdf
- [95] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_E2ETransformer.pdf
- [96] <https://www.autosar.org/standards/adaptive-platform/>
- [97] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_TR_AdaptivePlatformReleaseOverview.pdf
- [98] <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-middleware/>
- [99] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_EXP_PlatformDesign.pdf
- [100] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIUserGuide.pdf
- [101] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/20-11/AUTOSAR_EXP_ARAComAPI.pdf
- [102] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_CommunicationManagement.pdf
- [103] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_CommunicationManagement.pdf
- [104] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_RESTfulCommunication.pdf
- [105] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_TimeSynchronization.pdf
- [106] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_Diagnostics.pdf
- [107] <https://www.iso.org/standard/72439.html>
- [108] <https://www.iso.org/standard/74785.html>
- [109] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_Persistency.pdf



- [110] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_Persistency.pdf
- [111] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_PlatformHealthManagement.pdf
- [112] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_PlatformHealthManagement.pdf
- [113] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_LogAndTrace.pdf
- [114] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_CoreTest.pdf
- [115] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_ExecutionManagement.pdf
- [116] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_ExecutionManagement.pdf
- [117] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_IdentityAndAccessManagement.pdf
- [118] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_IdentityAndAccessManagement.pdf
- [119] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_Cryptography.pdf
- [120] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_Cryptography.pdf
- [121] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_OperatingSystemInterface.pdf
- [122] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_OperatingSystemInterface.pdf
- [123] <https://standards.ieee.org/ieee/1003.1/7700/#Standard>
- [124] https://www.opengroup.org/austin/docs/austin_316.pdf
- [125] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_StateManagement.pdf
- [126] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_StateManagement.pdf
- [127] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_NetworkManagement.pdf
- [128] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_SWS_UpdateAndConfigurationManagement.pdf



- [129] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/adaptive/21-11/AUTOSAR_RS_UpdateAndConfigurationManagement.pdf
- [130] <https://www.autosar.org/standards/application-interface/>
- [131] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIPowertrain.pdf
- [132] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIChassis.pdf
- [133] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIBodyAndComfort.pdf
- [134] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIOccupantAndPedestrianSafety.pdf
- [135] <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Safety-and-Motion/Products/Passive-and-Integrated-Safety/Satellite-Sensors/Acceleration-Satellite>
- [136] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_AIHMIMultimediaAndTelematics.pdf
- [137] Iclodean, C.; Cordos, N.; Varga, B.O. Autonomous Shuttle Bus for Public Transportation: A Review. *Energies* 2020, 13, 2917
<https://doi.org/10.3390/en13112917>
- [138] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/tests/1-2/AUTOSAR_ATS_MemoryStack.pdf
- [139] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlashDriver.pdf
- [140] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_FlashDriver.pdf
- [141] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EEPROMDriver.pdf
- [142] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SRS_EEPROMDriver.pdf
- [143] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_MemoryAccess.pdf
- [144] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_MemoryMapping.pdf
- [145] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_FlashEEPROMEmulation.pdf
- [146] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_EEPROMAbstraction.pdf



[147] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_MemoryAbstractionInterface.pdf

[148] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_NVRAMManager.pdf

[149] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_CommunicationStackTypes.pdf

[150] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_SWS_Tcplp.pdf

[151] https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/standards/classic/21-11/AUTOSAR_EXP_VFB.pdf



Capitolul 9

Metodologia de dezvoltare a unui model virtual



Cuprins

Capitolul 9 Metodologia de dezvoltare a unui model virtual

Cuprins	559
Abrevieri	561
(9.1) Modelul virtual de autovehicul	563
(9.2) Dezvoltarea modelului virtual de autovehicul	569
(9.3) Modelul virtual pentru un autovehicul clasic	598
(9.4) Modelul virtual pentru un autovehicul electric	621
Bibliografie	633



Abrevieri

AC	Alternating Current
ADS	Autonomous Driving System
BCU*	Battery Control Unit
BDC	Bottom Dead Center
CHT	Coolant Heat Transfer
CIT	CarMaker Interface Toolbox
CP	Calculate Parameters
CVT	Continuously Variable Transmission
DC	Direct Current
DE	Design Explorer
DI	Direct Injector
DL	Discrete Loss
DOE	Design Of Experiments
ECU	Electronic Control Unit
ECU*	Engine Control Unit
EGR	Exhaust Gas Recirculation
EG	Electric Generator
EM	Electric Motor
EM*	Electric Machine
EP	External Parameters
ESP	Electronic Stability Programme
FMEP	Friction Mean Effective Pressure
GM	General Map
GUI	Graphical User Interface



HT	Heat Transfer
HV	High Voltage
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
ICE	Internal Combustion Engine
IP	Initial Parameters
ITS	Intelligent Transport System
LHE	Liquid Heat Exchanger
LV	Low Voltage
MCU	Motor Control Unit
NEDC	New European Driving Cycle
PCJ	Piston Cooling Jet
RP	Resulting Parameters
RT	Real Time
SOC	State Of Charge
SRT	Single Ratio Transmission
SW	Solid Wall
TCU	Transmission Control Unit
TDC	Top Dead Center
UDC	Urban Driving Cycle
VTMS	Vehicle Thermal Management System
VVE	Virtual Vehicle Environment
VVM	Virtual Vehicle Model



(9.1) Modelul virtual de autovehicul

Virtual Models sau modelele virtuale de autovehicule, comparativ cu modelele reale (Real Models) sunt utilizate în simulările computerizate (Computer Simulations) unde prezintă o serie de avantaje, cum ar fi posibilitatea de a modifica parametrii constructivi și funcționali, respectiv arhitectura constructivă a modelului virtual în orice etapă a procesului de dezvoltare.

Simulările computerizate sunt realizate cu ajutorul unor aplicații software care au drept scop transpunerea modelului real de autovehicul într-un model virtual, dezvoltat într-o aplicație software care permite estimarea comportamentului și a performanțelor acestui model, pentru a stabili limitele maxime de îmbunătățire a performanțelor în condițiile păstrării stării de echilibru (Solid State). Simularea computerizată este studiul realității într-un mediu virtual, cu ajutorul unui model teoretic, care este o imagine digitală, a unui model existent în realitate, imagine care se dorește a fi îmbunătățită. Modelul virtual este dezvoltat în funcție de cerințele utilizatorului, iar complexitatea acestui model trebuie să corespundă realității sistemului evaluat, atât de complex cât este necesar, dar cât mai simplu posibil, astfel încât rezultatele obținute în urma simulărilor computerizate să fie validate de rezultatele experimentale [1].

Conceptul de model virtual pentru un autovehicul include toate caracteristicile constructive, de funcționalitate și de performanță ale unui model real de autovehicul ce urmează a fi clonat practic, într-un autovehicul virtual, identic. Aplicațiile software care permit dezvoltarea de modele virtuale acoperă următoarele domenii principale:

(1) Concept Development Phase sau faza de dezvoltare de concept în care aplicația software permite configurarea și simularea rapidă a oricăror variante constructive ale modelului virtual de autovehicul evaluând principalele performanțe funcționale ale acestuia.

(2) Design Phase sau faza de proiectare a sistemului de propulsie (Powertrain) în care motorul termic/electric (Engine/Motor) este conectat la trenul de rulare (Driveline).

(3) Test Phase sau faza de testare a autovehiculului virtual în care modelul dezvoltat în aplicația software funcționează ca un sistem unitar permițând dezvoltarea, calibrarea și testarea funcțiilor de control al unui autovehicul virtual.



Virtual Model Concept sau conceptul de model virtual include toate caracteristicile constructive, de funcționalitate și de performanță ale unui sistem încorporat (Embedded System), a unui motor (Engine/Motor), respectiv a unui autovehiculului real (Real Vehicle) care urmează a fi modelat printr-un autovehicul identic, dezvoltat virtual (Virtual Model) (figura 9.1).

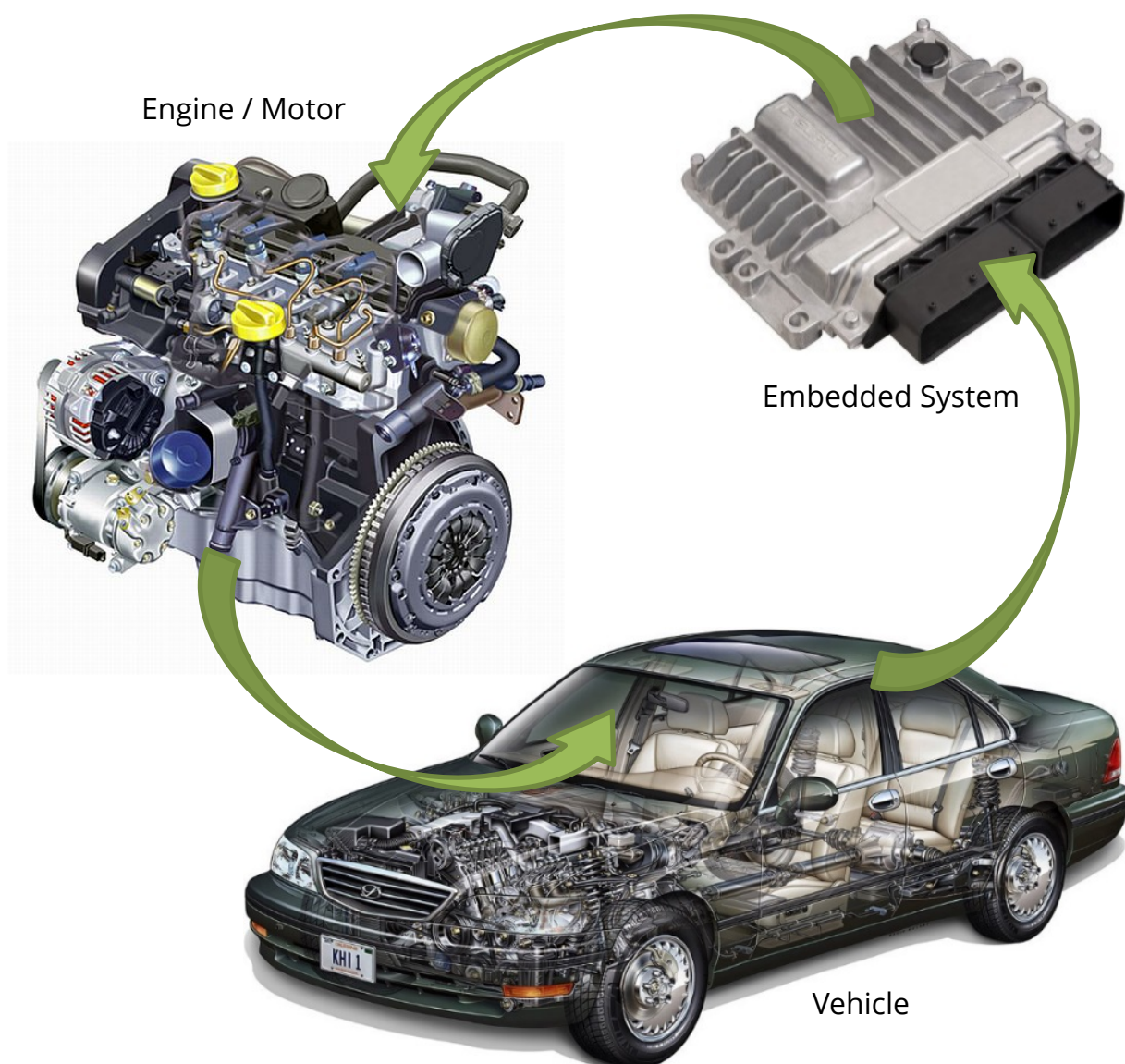


Figura 9.1 Dezvoltarea unui model virtual de sistem/motor/autovehicul

Capitolul 9 Metodologia de dezvoltare a unui model virtual

Modelul virtual de autovehicul este format din sisteme și subsisteme, care sunt conectate prin conexiuni mecanice (Mechanical Connection), conexiuni termice (Thermal Connection), conexiuni electrice (Electrical Connection) respectiv conexiuni pentru transmiterea datelor în format digital (Data Connection) (figura 9.2) [1].

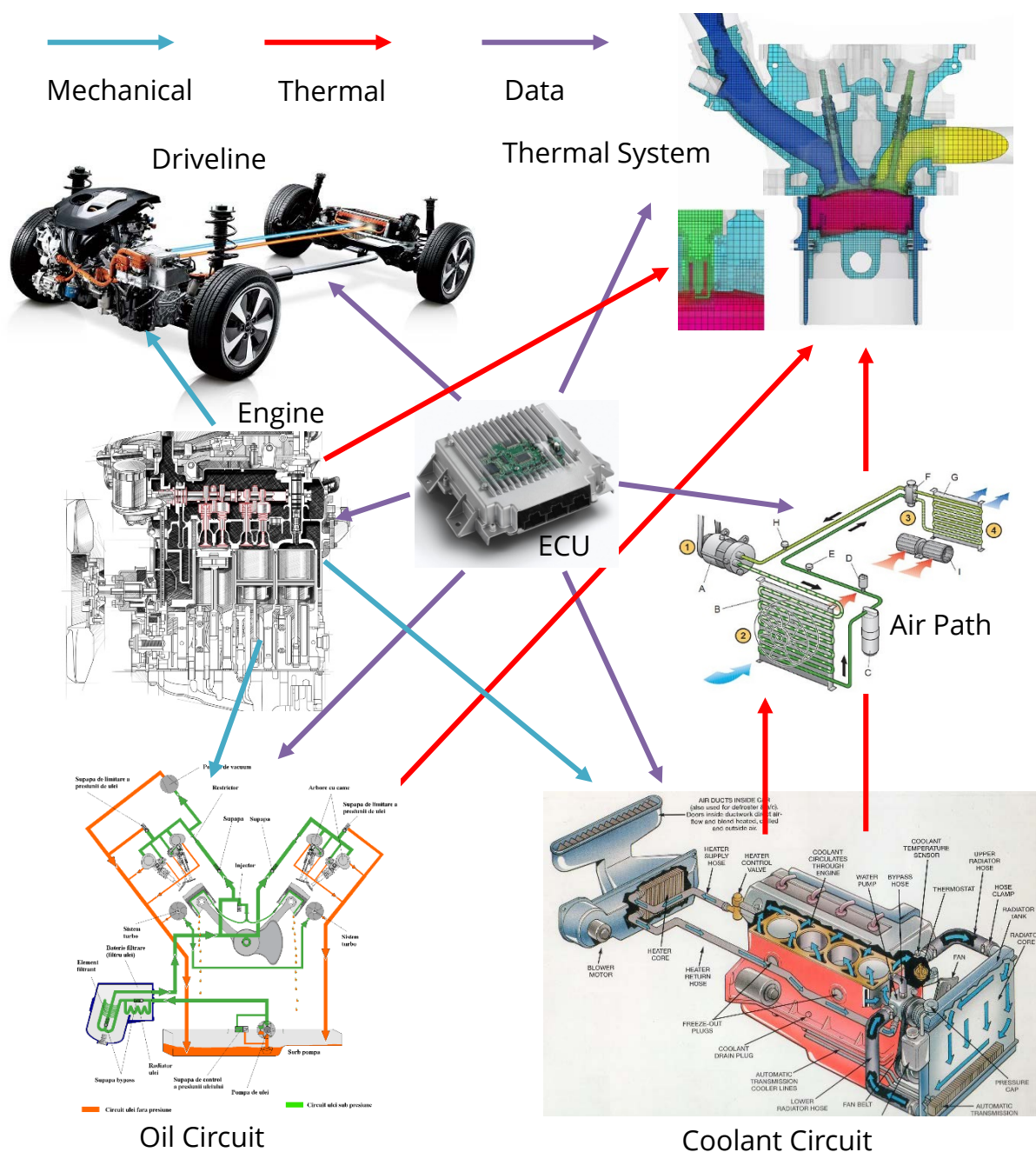


Figura 9.2 Model virtual de sistem/motor/autovehicul

Elementele de comandă și control ale unui autovehicul sunt formate din sisteme încorporate (Embedded Systems) a căror arhitectură constructivă și algoritmi funcționali stau la baza dezvoltării modelului virtual.

Testarea și optimizarea sistemelor încorporate se realizează pe parcursul întregului proces de proiectare/dezvoltare, fiecare etapă de lucru fiind supusă unor teste specifice:

- (1) Dezvoltarea și optimizarea modelelor virtuale prin simulare computerizată.
- (2) Testarea și optimizarea modelelor virtuale prin aplicații de simulare în laborator în mod independent (Offline) sau conectat la un echipament hardware (Online).
- (3) Testarea și validarea prototipului dezvoltat pornind de la un autovehicul real.

Fiecare etapă caracteristică dezvoltării sistemului încorporat este formată dintr-un proces de simulare/testare/implementare care se execută în buclă închisă (Closed Loop), rezultatele obținute la ieșire fiind supuse unui Feedback ce constă într-o retroacțiune primită de la următoarea etapă în scopul menținerii stabilității și echilibrului sistemului față de influențele exterioare (Steady State).

Controlul în buclă închisă (Closed Loop Control) este caracterizat printr-un flux de semnalele de intrare provenite de la senzori cu acțiune închisă, controlat de o variabilă prestabilită pentru a păstra o valoare a semnalului de ieșire între anumite limite specificate, spre exemplu sistemul de control a injectiei de combustibil, sistemul de control a transmisiei, sistemul de frânare, sistemul de stabilitate a autovehiculului etc.

În funcție de timpul necesar rulării procesului de proiectare/dezvoltare, metodele de simulare se clasifică în următoarele categorii:

(1) Simulări fără limitări de timp de calcul (-) Real Time în cazul unor investigații, respectiv simulări pentru verificarea unor modele teoretice, pentru proiectarea componentei de control sau pentru proiectarea procesului. Pentru această categorie de simulări nu contează timpul real de rulare a procesului de simulare, contează doar rezultatele obținute.

(2) Simulări în timp real (RT) Real Time în cazul testării algoritmilor de control ale unor prototipuri dezvoltate (Controller Prototyping), respectiv pentru simularea proceselor care se desfășoară într-un interval de timp identic cu timpul necesar derulării procesului real.

(3) Simulări rapide, peste timpul real (+) Real Time în cazul sistemelor de control bazate pe model, în cazul unor optimizări Online, sau a dezvoltării de strategii de planificare. Conceptul de simulare în timp real se referă la corelarea modelării matematice cu utilizarea unor echipamente reale, supuse unor perturbații reale din sistemele industriale. Modelarea matematică trebuie să reprezinte cât mai fidel realitatea, respectând în același timp constrângeri multiple legate de interconectarea unor sisteme virtuale cu sisteme reale.

Bibliografie

- [1] Iclodean, C.; Interconectarea sistemelor virtuale de comandă și control pentru autovehicule, Volumul I, Software-in-the-Loop 2018, Risoprint Ed., Cluj-Napoca, Romania, ISBN: 978-973-53-2252-6.
- [2] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, Springer-Verlag Germany 2022, DOI: 10.1007/978-3-642-39440-9
- [3] Iclodean, C.; Cordos, N.; Varga, B.O. Autonomous Shuttle Bus for Public Transportation: A Review. *Energies* 2020, 13, 2917
<https://doi.org/10.3390/en13112917>
- [4] <https://x-engineer.org/wp-content/uploads/2017/12/Drivetrain-architecture-and-main-components.jpg>
- [5] Advanced Simulation Technologies - Tools and Methods for Next-Level Simulation Solutions Software Documentation Version 2022 R1
- [6] <https://www.cars.com/auto-repair/glossary/engine-cooling-system/>
- [7] <https://ipg-automotive.com/en/products-solutions/software/carmaker/>
- [8] Iclodean, C., Varga, B.O., Cordos, N., Autonomous Vehicles for Public Transportation, Springer International Publishing 2022 , ISBN: 978-3-031-14677-0
- [9] Juner Zhu, Tomasz Wierzbicki, Wei Li, A review of safety-focused mechanical modeling of commercial lithium-ion batteries, *Journal of Power Sources*, 378, 2018
- [10] IPG Automotive User's Guide Version 11.0 CarMaker solutions for virtual test driving
- [11] IPG Automotive Reference Manual Version 11.0 CarMaker solutions for virtual test driving

Capitolul 10

Diagrama V pentru dezvoltarea sistemelor încorporate



Cuprins

Capitolul 10 Diagrama V pentru dezvoltarea sistemelor încorporate

Cuprins	637
Abrevieri	639
(10.1) Dezvoltarea sistemului încorporat	641
(10.2) Metodologia de dezvoltare a sistemului încorporat	657
(10.3) Fazele procesului de dezvoltare	659
(10.4) Discipline și aplicații utilizate în procesul de dezvoltare	664
(10.5) Conceptul X-in-the-Loop	674
Bibliografie	683



Abrevieri

API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality
AST	Advanced Simulation Technologies
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAN	Controller Area Network
CAPE	Computer Aided Production Engineering
CAQ	Computer Aided Quality
CAS	Computer Aided Styling
CASE	Computer Aided Software Engineering
CAT	Computer Aided Testing
CFD	Computational Fluid Dynamics
CNC	Computer Numerical Control
DAQ	Data Acquisition System
DMU	Digital Mock-Up
DoE	Design of Experiments
ECAD	Electronic Computer Aided Design
ECAM	Electronic Computer Aided Manufacturing
ECU	Electronic Control Unit
EDA	Electronic Design Automation
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EiL	Engine-in-the-Loop
EMC	Electromagnetic Compatibility



FEA	Finite Element Analysis
FMEA	Fault Mode and Effect Analysis
FPGA	Field Programmable Gate Arrays
HiL	Hardware in-the-Loop
INCA	Integrated Calibration and Acquisition Systems
I/O	Input/Output
MBD	Multibody Dynamics
MiL	Model-in-the-Loop
OEM	Original Equipment Manufacturer
PCB	Printed Circuit Boards
PiL	Processor-in-the-Loop
RCP	Rapid Controller Prototyping
RP	Rapid Prototyping
RPEMS	Rapid Prototyping Engine Management System
RT	Real Time
SCM	Software Configuration Management
SiL	Software-in-the-Loop
UI	User Interface
ViL	Vehicle-in-the-Loop
VR	Virtual Reality



(10.1) Dezvoltarea sistemului încorporat

V-Cycle (V-Diagram) sau diagrama V descrie ciclul de proiectare-dezvoltare-implementare de la un model virtual (Virtual Model) la un model real (Real Model) prin reprezentarea aplicațiilor de control încorporate, respectiv prin urmărirea evoluției în timp a principalelor etape de dezvoltare (figura 10.1) [1].

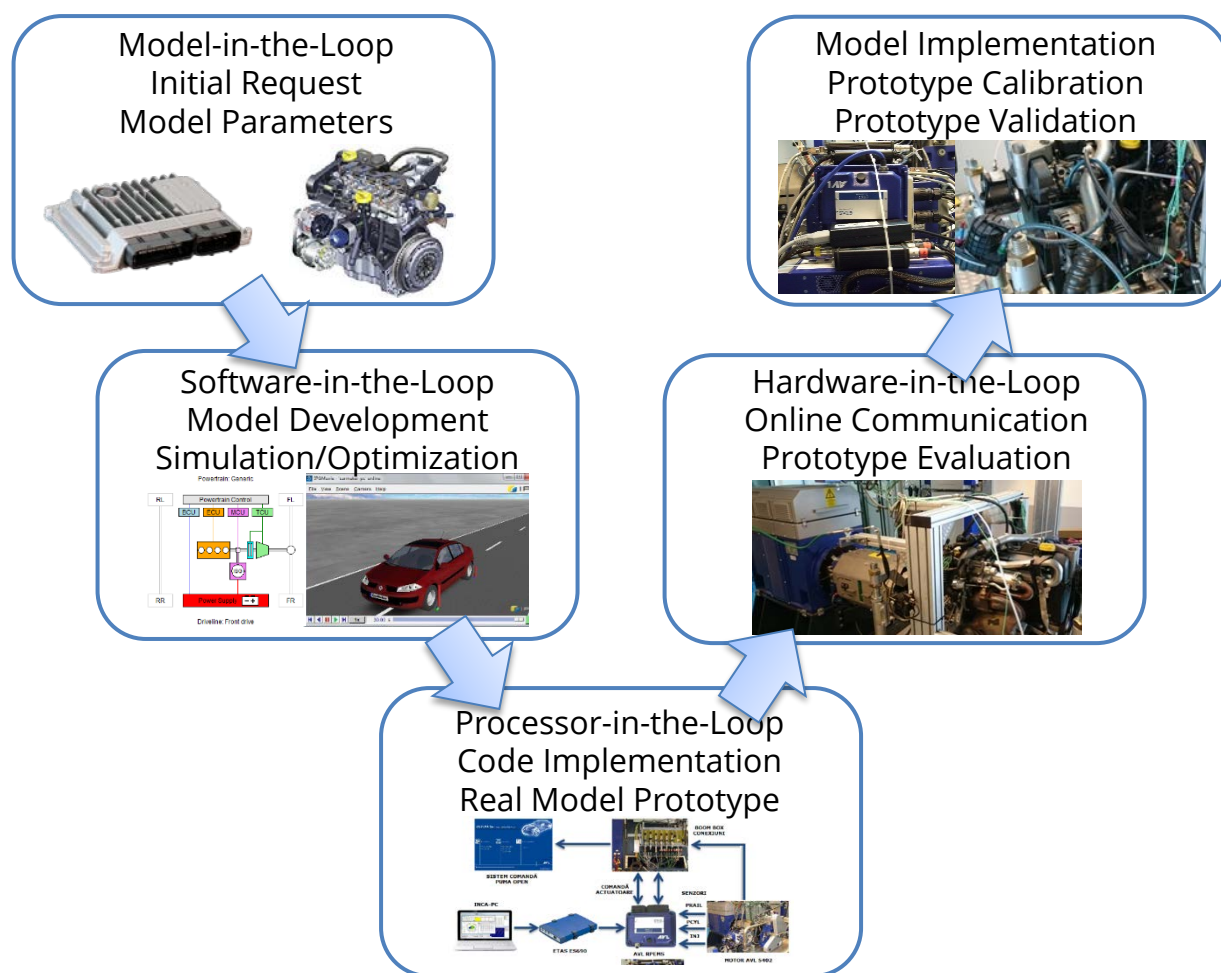


Figura 10.1 V-Cycle - etapele de dezvoltare

Scopul V-Cycle este de a dezvolta rapid și eficient un sistemul încorporat (Embedded System) și totodată de a minimiza iterațiile etapelor de dezvoltare.

Modelul virtual obținut va sta la baza dezvoltării ulterioare a unui nou concept, materializat printr-un prototip real, validat pe parcursul mai multor etape parcurse de-a lungul V-Cycle. V-Cycle descrie ciclul de dezvoltare a unui sistem încorporat prin reprezentarea aplicațiilor de control și prin parcurgerea etapelor de dezvoltare. Scopul diagramei „V” este de a dezvolta eficient sistemul încorporat și de a minimiza iterațiile etapelor de procesului de proiectare-dezvoltare-implementare (tabelul 10.1). Principalele etape de dezvoltare parcurse de-a lungul V-Cycle sunt următoarele:

(M) Model-in-the-Loop (MiL) sau modelarea sistemului încorporat.

(S) Software-in-the-Loop (SiL) sau generarea algoritmului (codului) de control.

(P) Processor-in-the-Loop (PiL) sau implementarea în sistemul încorporat a algoritmului (codului) de control.

(H) Hardware-in-the-Loop (HiL) sau integrarea sistemului încorporat dezvoltat într-un model real de autovehicul.

Dezvoltarea unui sistem încorporat se bazează pe V-Cycle, unde fiecare din etapele de proiectare, testare, optimizare și validare implică instrumente software și hardware furnizate de diverși producători.

Metodologia de dezvoltare a unui sistem încorporat utilizând V-Cycle definește un număr de etape care cuprind fazele tehnologice de la analiza și definirea datelor inițiale până la calibrarea și producția în serie a sistemului.

Tabel 10.1 V-Cycle - etapele de dezvoltare

V-Model	Denumire	Etapă	Explicații
(M) MiL	Model-in-the-Loop	Modelare sistem încorporat	Modelul este dezvoltat prin aplicații software de simulare (definire date inițiale)
(S) SiL	Software-in-the-Loop	Generare algoritm (cod)	Modelul este simulat virtual și este generat algoritmul (codul) (prototip virtual)
(P) PiL	Processor-in-the-Loop	Implementare algoritm (cod)	Modelul este simulat în timp real și este implementat algoritmul (codul) (prototip real)
(H) HiL	Hardware-in-the-Loop	Integrare sistem încorporat	Modelul virtual este conectat cu modelul real, prototipul este evaluat, calibrat și validat

Rolf Isermann în [2] a detaliat etapele V-Cycle având drept deziderat dezvoltarea funcțiilor de control, a software-ului de control, a software-ului pentru calibrare, respectiv testele de performanță parcurse pe durata întregului proces de proiectare-dezvoltare-implementare a unui sistem încorporat (figura 10.2).

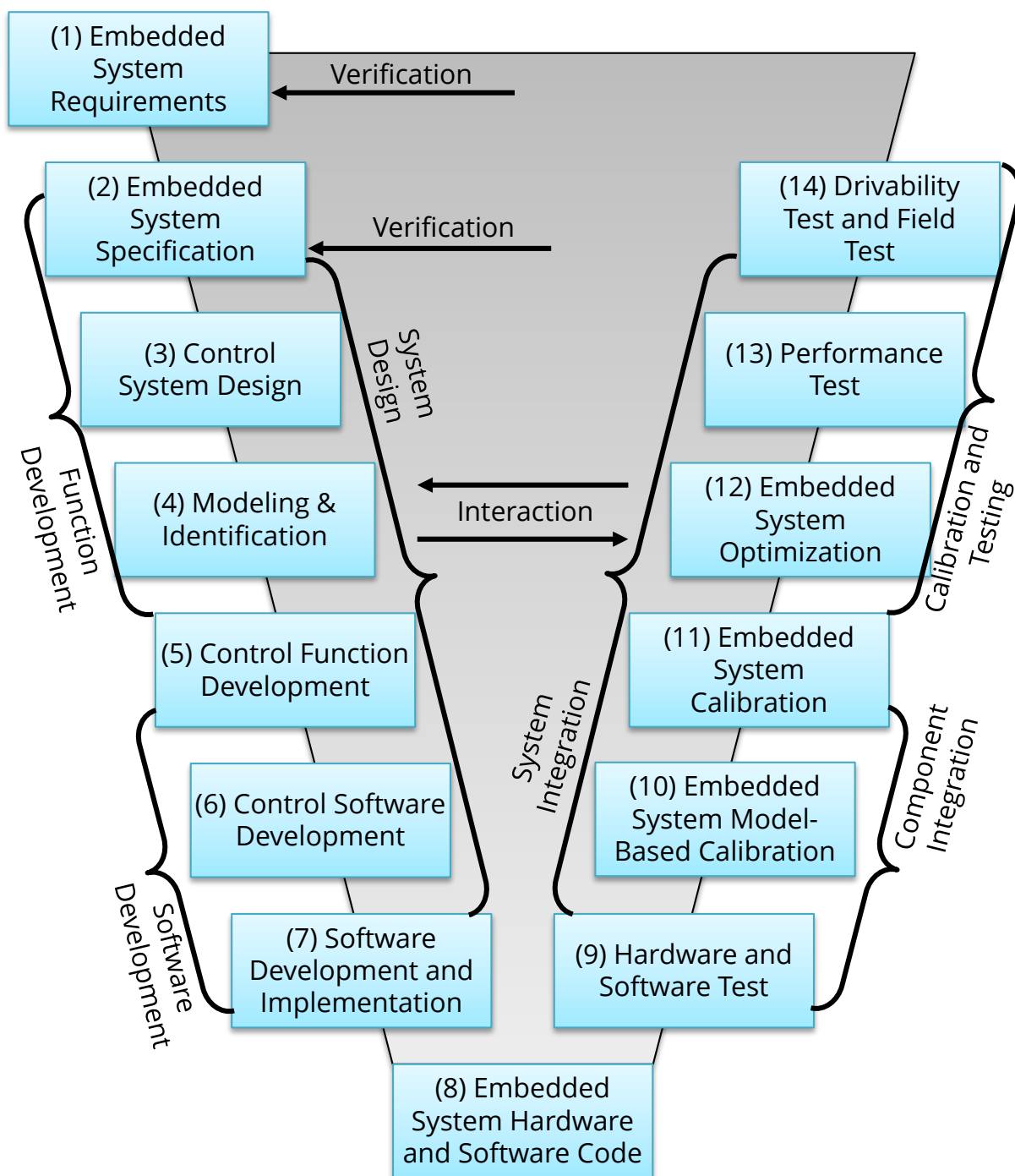


Figura 10.2 Procesul de proiectare-dezvoltare-implementare a sistemului încorporat

(1) Embedded System Requirements sau cerințele inițiale pentru dezvoltarea sistemului încorporat (figura 10.3) [2]:

(1a) User Requirements sau cerințele inițiale ale utilizatorului.

(1b) Overall Functions sau definirea funcțiilor generale.

(1c) Rated Values sau definirea valorilor nominale pentru dezvoltarea sistemului încorporat.

(1d) Embedded System Diagram sau schema bloc a sistemului încorporat.

(1e) Development and Manufacturing Costs sau estimarea costurilor de dezvoltare și producție.

(1f) Development and Milestones Time sau estimarea timpului necesar pentru dezvoltare și stabilirea reperelor relevante.

(1g) Embedded System Requirements sau cerințele inițiale pentru dezvoltarea sistemului încorporat.

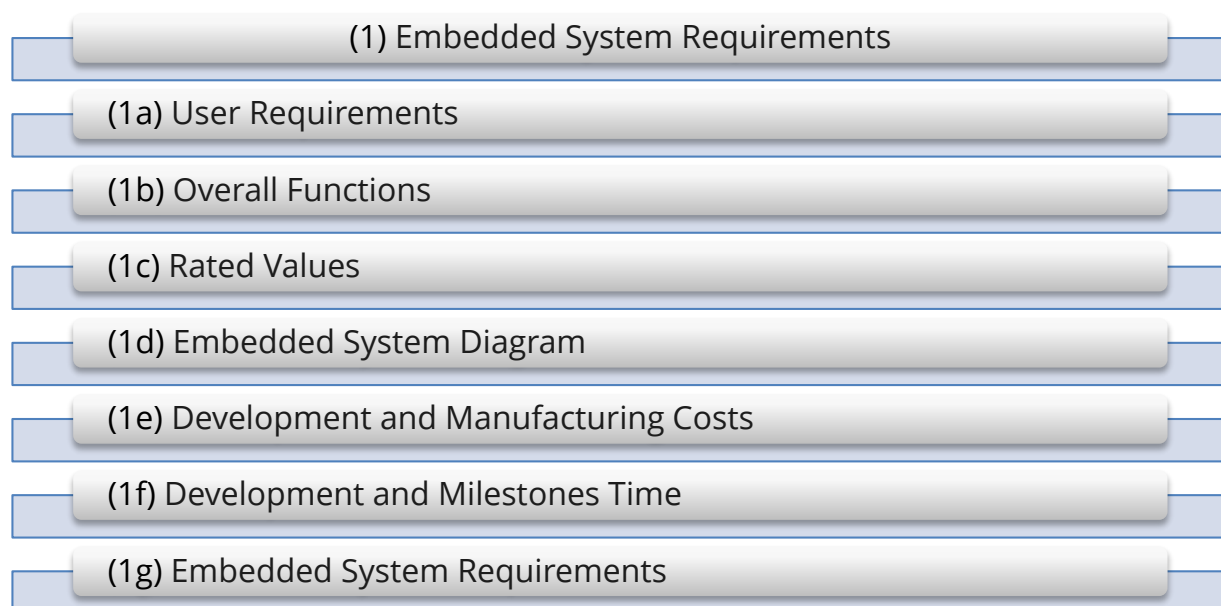


Figura 10.3 Cerințele inițiale ale sistemului încorporat

(2) Embedded System Specifications sau specificațiile sistemului încorporat (figura 10.4) [2]:

(2a) Embedded System Requirements sau definirea cerințelor sistemului încorporat.

(2b) Embedded System Modules sau definirea modulelor componente ale sistemului încorporat.



Bibliografie

- [1] Iclodean C.; Interconectarea sistemelor virtuale de comandă și control pentru autovehicule, Volumul I, Software-in-the-Loop 2018, Risoprint Ed., Cluj-Napoca, Romania, ISBN: 978-973-53-2252-6
- [2] Isermann, R., Automotive Control Modeling and Control of Vehicles, ISBN: 978-3-642-39440-9, © Springer-Verlag Germany 2022, DOI:10.1007/978-3-642-39440-9
- [3] Tovey, M., Computer-aided vehicle styling, Computer-Aided Design, Volume 21, Issue 3, April 1989, Pages 172-179 [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(89\)90072-9](https://doi.org/10.1016/0010-4485(89)90072-9)
- [4] <https://gds-storage-prd.s3.amazonaws.com/unified-gallery/170815/4047/110c56bf/thumbnails/sc3-3500-3500.jpg>
- [5] <https://arvr.google.com/>
- [6] Ding, Y.C., He, G., Lu, B.H., Computer Aided Quality Assurance in CIM—Its Methodology and Architecture, IFAC Proceedings Volumes, Volume 25, Issue 28, October 1992, Pages 356-361 [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)49525-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)49525-5)
- [7] <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>
- [8] <https://www.internovasistemas.com/en/digital-mock-up>
- [9] <https://www.hexagonmi.com/ro-ro/products/computer-aided-engineering-cae-software>
- [10] Carrie, A., Computer-Aided Production Engineering (Proceedings of 2nd International Conference). Edited by J. A. McGeough, Mechanical Engineering Publications, 1987 <https://doi.org/10.1080/00207549008942694>
- [11] Asha, P., Prabakar, D., Anand, S., Karthik, M., Sujin, J.S., Kumar, R., Computer aided testing of materials through interfacing device, Materials Today: Proceedings, Volume 45, Part 2, 2021, Pages 2391-2393, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.732>
- [12] <https://fractory.com/what-is-computer-aided-manufacturing-cam/>
- [13] <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/rapid-prototyping-techniques/>