Facultatea de Automatică și Calculatoare
Programul de Licență: Calculatoare

OPTIMIZAREA TIMPULUI DE REACŢIE ÎN SISTEME TCU MULTICORE

Proiect de diplomă

Candidat:
George-Lucian BUZURIU

Coordonator ştiinţific:
Conf. Dr. Ing. Lucian-Adrian Prodan

Timișoara
2018

Cuprins

1.Introducere 4
1.1 Importanţa domeniului Automotive 4
1.2 Unități de control într-o mașină 5
1.3 TCU (Transmission Control Unit) 6
1.4 Prezentarea sistemului de transmisie a puterii 7
1.5 Moduri de comunicaţie ale TCU-ului 11
1.6 Generația_1 a proiectului DL382 13
1.7 Generația_2 a proiectului DL382 15
1.8 Comunicarea microcontrolerului cu chipul EEPROM 17
1.9 Situaţie actuală 18
1.10 Temă propriu-zisă 18
2.Proiectare și implementare 19
3.Testare 25
3.1 Structura sistemului 25
3.2 Rezultate experimentale 25
3.3 Unelte folosite în testare 36
4.Concluzii 41
5.Bibliografie 43

1.Introducere

1.1 Importanţa domeniului Automotive

Într-o lume aflată într-un proces de evoluţie continuu, cu toţii suntem conştienţi că principalul mijloc de deplasare este automobilul. Fiind un element esenţial al vieţii noastre cotidiene, automobilul, constituie un motiv bine întemeiat pentru rapiditatea cu care avansează industria automotive.

Totodată, necesitatea dezvoltării unor noi tehnologii în acest vast domeniu este foarte ridicată. Atât dezvoltarea noilor soluţii, cât şi testarea lor, reprezintă elemente demne de o atenţie sporită, deoarece chiar şi o greşeală minoră poate fi fatală.

Industria automotive este compusă într-o proporție covârșitoare din mașini. Mașina este un întreg sistem de sine stătător. Utilizarea atât de vastă și de diferită a automobilelor a condus la desprinderea și formarea mai multor tipuri de mașini. Stilul fiecărei mașini a fost influențat atât de marii producători, dar și de proprietari. Funcțiile unei mașini determină parametrii de proiectare și tipurile de constrângeri ale acesteia, privit atât ca întreg, cât și pe componente.

Deși există foarte multe tipuri de mașini, ce au fost create pentru funcționalități diferite, în construcția lor sunt folosite sisteme similare.

Cu toate că un automobil dispune de mai multe componente electrice, motorul reprezintă “inima” mașinii. Fără acest element esențial, automobilul nu ar fi putut să existe. Cu privire la automobile, motorul este cel care primește sarcina de a genera energie mecanică, transformând energia chimică din benzină.

Motoarele oferă diferite niveluri de putere și cuplu la viteze diferite. Transmisia permite vehiculului să funcționeze într-un interval de viteză mai mare, pastrând în același timp turația motorului în intervalul de funcționare. În cele mai multe automobile, puterea motorului depinde numai de poziția accelerației. Condițiile diferite solicită diferită putere, de exemplu este nevoie de o anumită putere pentru a învinge rezistența la rularea statică. În cazul pornirii autovehicului, din cauza nevoii de o cantitate mare de cuplu, puterea motorului este recondiționată prin transmiterea puterii roților.

Transmisia utilizează diferite combinații de viteze, sau rapoarte, pentru a multiplica turația motorului și cuplul pentru a se potrivi condițiilor de conducere. O transmisie manuală permite schimbarea vitezelor de către conducătorul auto, pe de altă parte o transmisie automată utilizează un sistem intern hidraulic/electric pentru transmiterea energiei de la motor la roțile automobilului fară intervenția conducătorului.

Din multitudinea de funcționalități ale unui automobil, îmi îndrept atenția spre unitățile de control existente în mașină, care fac posibile buna funcționare a mașinii și într-o siguranță cât se poate de mare.

Astfel îmi propun să ilustrez componentele electronice ale unei mașini:

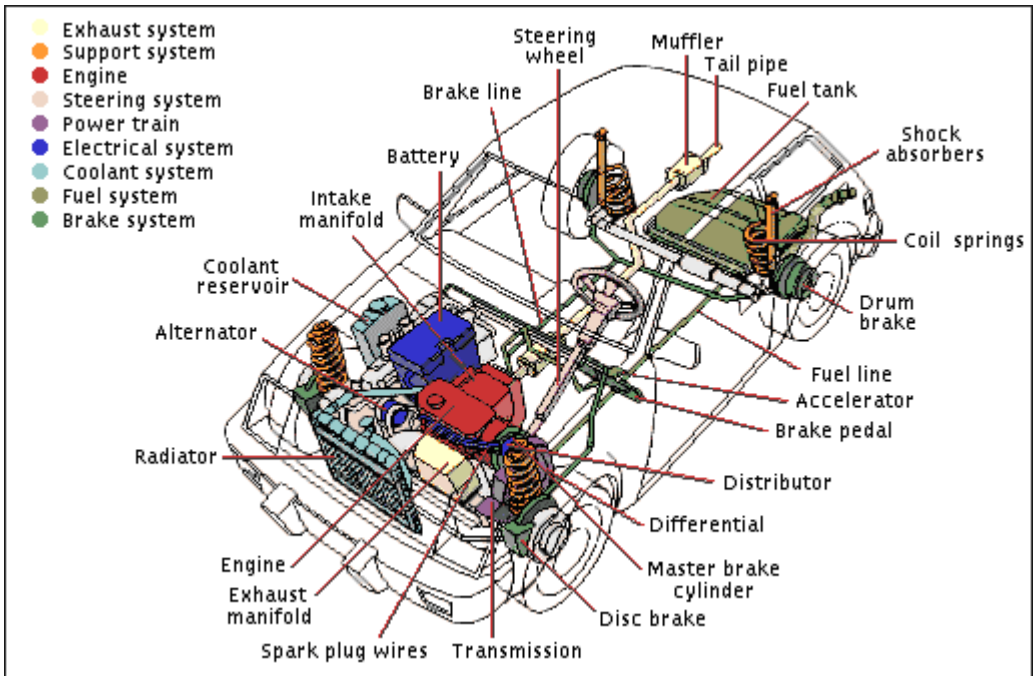


Figura 1.1.1

1.2 Unități de control într-o mașină

Odată cu evoluția tehnologiei, industria automobilelor a fost nevoită să țină pasul. Prin urmare, au apărut o multitudine de sisteme interne, unități de control ale automobilului care realizează funcționalități cerute de diverși clienți.

Un mic exemplu pe care l-aș da, îl reprezintă noua funcționalitate apărută în acest domeniu. Este vorba de pornirea automată a ștergătoarelor la apariția ploii. Sunt o mulțime de componente electrice și electronice care comunică între ele pentru a furniza acest serviciu.

Așadar, aici îmi propun să amintesc următoarele:

- **ECU**, unitate electronică de control
- **TCU**, unitate electronică de control a transmisiei
- **PDU**, unitate de control și distribuție a puterii
- **TCS**, sistem electronic de control al tracțiunii
- **DCU**, modulul de control electronic al sistemului de injecție
- **GPCU**, unitatea de control a bujiilor

Unitățile de control sunt asigurate de microcontrolere. Dacă înainte microcontrolerele erau singlecore, odată cu evoluția tehnologiei, după multe discuții de implementare și dezvoltare, au apărut și micrcontrolere multicore. Tipul de microcontroler folosit în proiectul meu o să-l dezvălui în cele ce urmează.

Obiectul central privind unitățile de control este TCU-ul, unitate de control a transmisiei. În următoarele cuvinte o să trasez câteva dintre caracteristicile acestei unități de control, dar și comunicarea sa cu celelalte elemente dintr-un automobil.

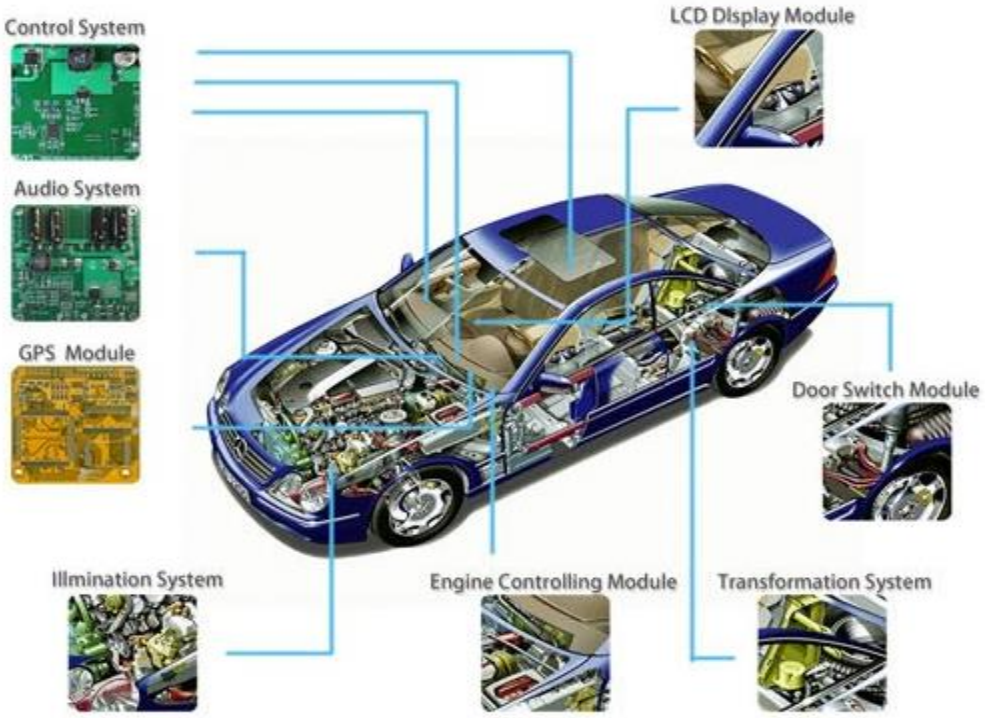


Figura 1.2.1

1.3 TCU (Transmission Control Unit)

TCU sau modulul de control al cutiilor cu transmisie automată este un dispozitiv care controlează transmisiile electronice moderne automate. Un TCU foloseşte, în general, senzorii de la vehicul, precum şi datele furnizate de către unitatea de control al motorului pentru a calcula cum şi când să schimbe vitezele în vehicul pentru performanțe optime, economie de combustibil şi de calitate a schimbării treptelor.

Transmisii automate electronice au fost trecerea de la schimbarea treptelor de viteze pur hidromecanic la cea electronică, de la sfârşitul anilor 1980. De atunci, a fost într-o continuă

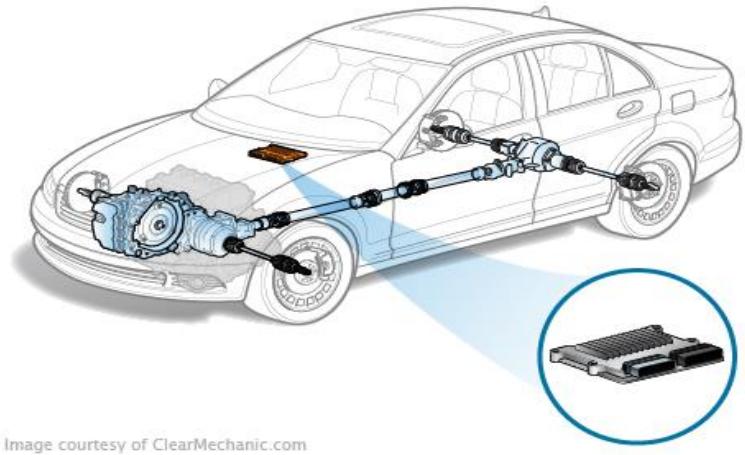


Figura 1.3.1

dezvoltare, designul şi modelele din ziua de azi există din mai multe etape de dezvoltare a unităţii de control al transmisiei automate. Solenoizi de transport sunt o componentă cheie pentru aceste unităţi de control.

Evoluţia transmisiei automate moderne şi integrarea controalelor electronice au permis progrese mari în ultimii ani. Transmisia automată modernă este acum capabilă de a realiza o mai bună economie de combustibil, reducerea emisiilor de motor, o mai mare fiabilitate a sistemului de schimbare a treptelor, viteza de deplasare crescută şi creșterea manevrabilității autovehiculului. Gama imensă de programare oferite de un TCU permite transmisiei automate modernă sa fie utilizată, cu caracteristici de transport adecvate, pentru fiecare situație. La unele aplicaţii, TCU şi ECU sunt combinate într-o singură unitate, un modul de control Powertrain sau PCM. TCU se montează direct pe cutia de transmisii sau în habitaclul motorului.

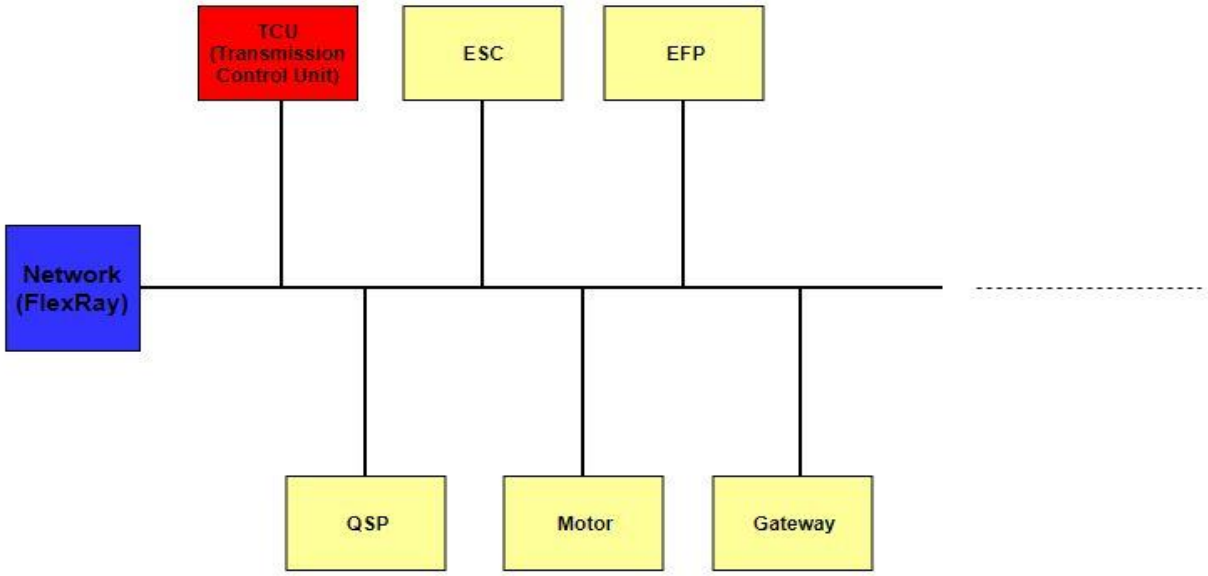


Figura 1.3.2

1.4 Prezentarea sistemului de transmisie a puterii

- **Sistemul de tracțiune**

Sistemul de tracţiune reprezintă ansamblul componentelor ce fac posibilă aducerea şi menţinerea unui automobil în stare de mişcare.

În funcţie de tipul automobilului, desprindem mai multe categorii de tracţiune:

- Tracţiune spate, întâlnită cu precădere la maşinile sport (Lamborghini, Mercedes , BMW, Ferrari)

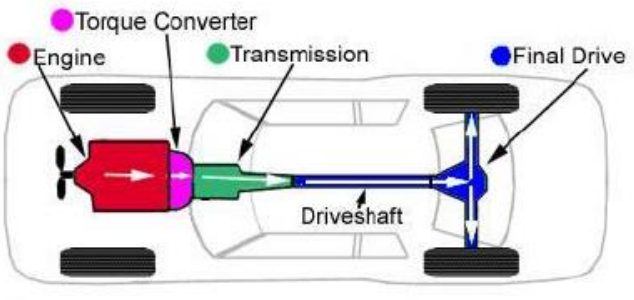


Figura 1.4.1

- Tracţiune faţă, întâlnită la majoritatea maşinilor mici (Dacia, Renault, Ford, Chevrolet, VW, Opel)

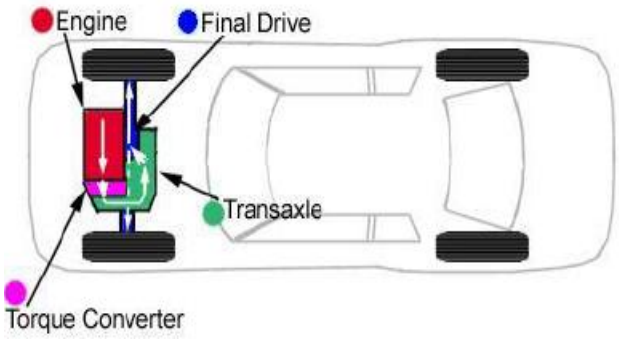


Figura 1.4.2.

- Tracţiune integrală, 4x4, întâlnită la SUV-uri (BMW X5, BMW X6, Audi Q7, VW Touareg)

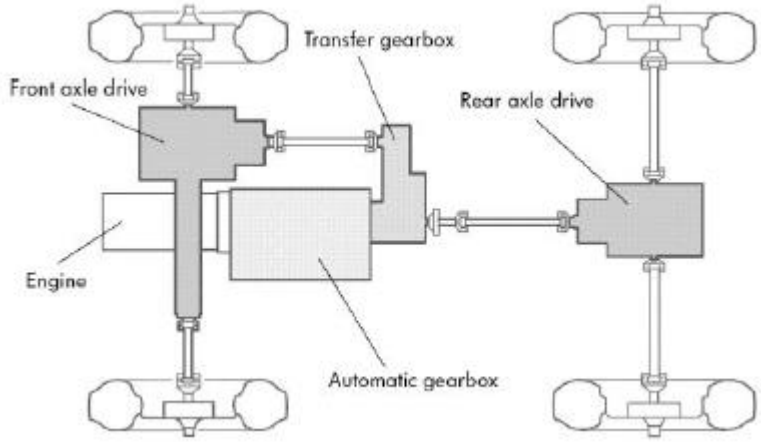


Figura 1.4.3.

- **Elementele unui sistem de transmisie a puterii**

  - **Ambreiajul**

    Ambreiajul este un organ de mașină care prin cuplare transmite un moment de putere a unei mișcări de rotație, sau întrerupe această mișcare de rotație prin decuplare. Ambreiajele sunt folosite în mecanismele care au 2 axe, în general unul dintre ele este antrenat de un motor, iar celălalt antrenează cealaltă parte a mecanismului. Dezactivarea transmiterii cuplului de rotație, lasă cele două axe să se miște independent. Activarea ambreiajului se poate face atât în timp ce acesta se rotește sau în timp ce stă neînvârtit.

Figura 1.4.4.

- **Cutia de viteze**

  Cutia de viteze este un ansamblu de roți dințate care servește la transformarea forței și transmiterea mișcării de rotație la rotile autovehiculului.

  Raportul de transmisie este raportul dintre viteza de rotație a roților dințate ce compun cutia de viteze și viteza de rotație a roților automobilului.

  Cutiile de viteze se împart în mai multe categorii, în funcție de:

  1. Raportul de transmisie:
     - cu raport de transmisie fix
     - cu raport de transmisie variabil (CVT)
  2. Gradul de automatizare:
     - manuală
     - CVT (Continuously Variable Transmission)
     - Automată

  În cazul cutiei de viteze manuale, pentru fiecare viteză a cutiei este cuplată o roată dințată a acesteia pentru care există un raport de transmisie fix, ca în imaginea de mai jos:

Viteză	Raport
1	3.455
2	1.944
3	1.286
4	0.939
5	0.745
R	3.167

Figura 1.4.5.

Cutiile de viteze CVT (Continuously Variable Transmission), spre deosebire de cutiile manuale, au capacitatea de a parcurge un număr infinit de rapoarte de transmisie. CVT oferă eficiență sporită în ceea ce privește consumul de carburant, deoarece îi permite motorului să funcționeze la cea mai eficientă turație.

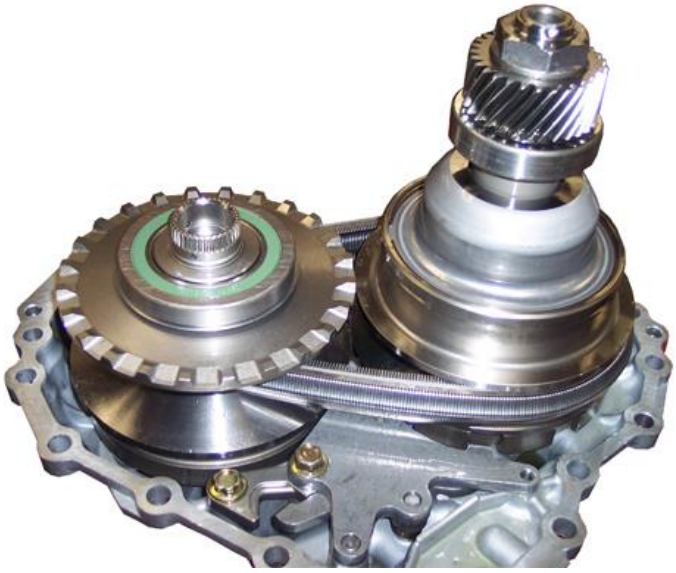


Figura 1.4.6

Cutiile de viteze automate sunt cutiile care realizează schimbarea treptelor de viteză fără intervenția conducătorului automobilului. Mai mult, decizia de schimbare a treptelor de viteză este luată de asemenea automat, pe baza informațiilor provenite de la diferiți senzori. Realizarea unei trepte de viteză se face prin intermediul mai multor mecanisme planetare.

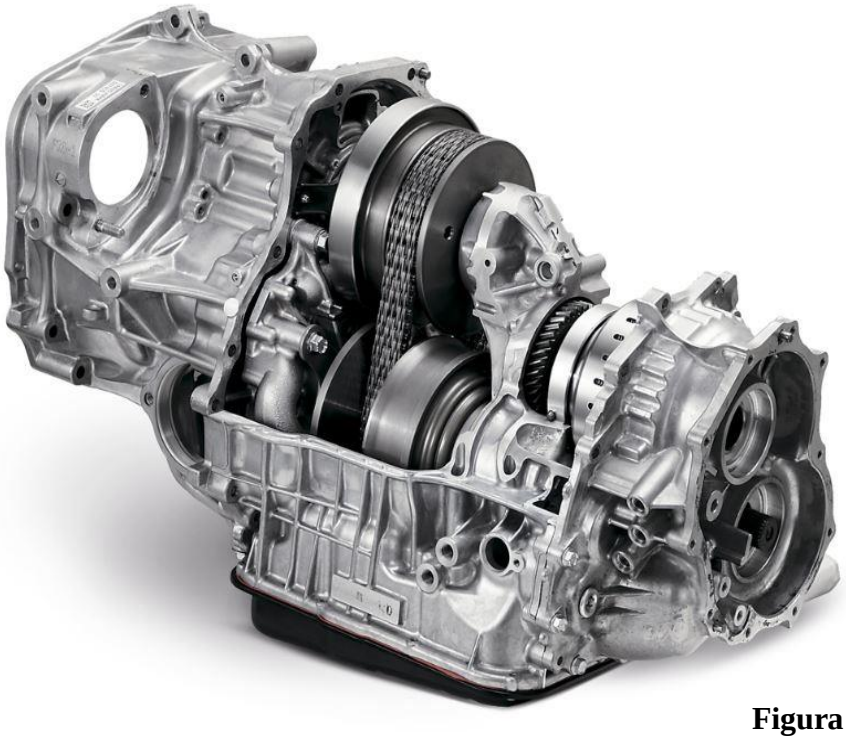


Figura 1.4.7.

Cutiile de viteze automate cu dublu ambreiaj, din punct de vedere cinematic, sunt de fapt compuse din două cutii de viteze manuale, dispuse în paralel. Practic, în aceeași carcasă avem două cutii de viteze, fiecare cu propriul ambreiaj, o cutie conținând treptele impare (1, 3, etc.) iar a doua treptele pare (2, 4, etc.). Acest principiu permite ca vitezele să fie schimbate fără să se piardă din putere. În timp ce unul din ambreiaje transmite puterea, celălalt este pregătit pentru a cupla următoarea viteză, care este preselectată. Astfel, schimbul vitezei se realizează într-o fracțiune de secundă.

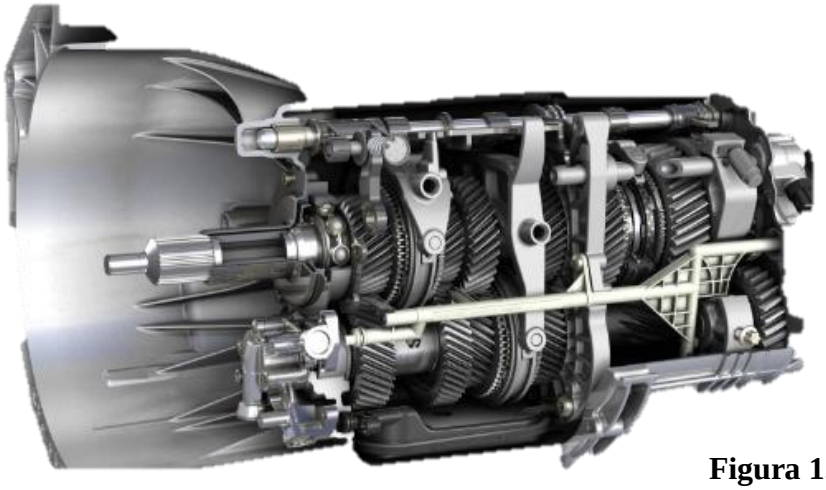


Figura 1.4.8.

1.5 Moduri de comunicaţie ale TCU-ului

Privind interacțiunea TCU-ului cu celelalte elemente, desprindem 2 moduri prin care ele comunică între ele:

1. **Controller Area Network (CAN)**

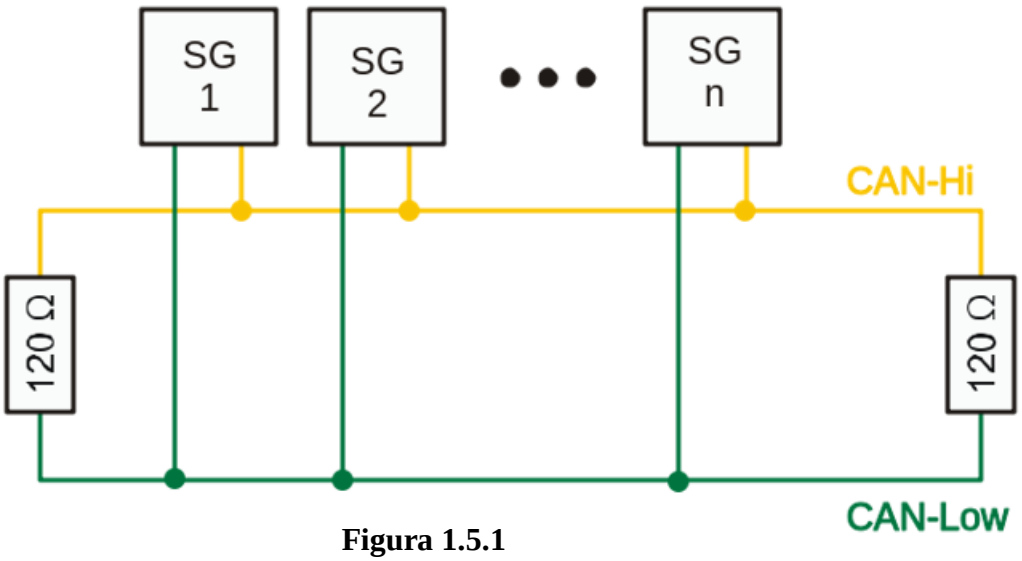


Figura 1.5.1

- Modul autonom, poate organiza singur transmisia și recepția datelor conform specificațiilor
- Chipul modului de CAN trimite si recepționează în mod general și standard date cu 11 biți de identificare
- Are implementat și modul extins de date, cu 29 biți de identificare
- Se folosesc 2 pini pentru a interfața cu magistrala de transmisie
- Pinii respectivi trebuie să fie legați între ei printr-o rezistență de 120Ω, deoarece fiecare fir are o tensiune diferită, rezultând o cădere de tensiune între cele două fire
- Modul folosit pentru comunicarea facilă între calculator și microcontroller
- Programul scris în limbajul C este compilat și apoi se generează un fișier cu extensia .hex
- Acest fișier .hex este încărcat într-un program ce se folosește de transmisia prin CAN și flash-uiește microcontroller-ul cu programul dorit

2. **FlexRay**
    - Este un protocol de comunicații în domeniul automotive, dezvoltat de Consorțiul Flexray
    - Acesta este conceput pentru a fi mai rapid și mai fiabil decât CAN și TTP
    - Diferența de calitate față de celelalte protocoale se resimte în preț, fiind mult mai costisitor
    - Prima dată a fost folosit in producția seriei de vehicule BMW X5
    - Utilizarea completă a fost introdusă în 2008 la noul BMW Seria 7
    - Pe langă vehiculele amintite anterior, a mai fost folosit la producerea:
        - Audi A4
        - Audi A6
        - Audi A7
        - Audi A8
        - Lamborghini Huracan
        - Mercedes-Benz S-Class

Interfața pentru rețeaua FlexRay, **VN7600**, este ideală pentru dezvoltarea, simularea sau testarea rețelelor FlexRay. Posibilitățile de conectare prin USB fac ca aceasta să fie aplicabilă în mai multe locuri diferite (aici putem aminti ca locuri aplicabile laboratorul sau chiar pe durata unui test-drive).

În plus, interfețele oferă acces la CAN.

În cadrul proiectului desfășurat de către compania Continental, au existat 2 generații:

1.6 Generația_1 a proiectului DL382

1. **Generația 1**, după multe căutari succesive ale unui microcontroller satisfăcător, după înlocuiri multiple, s-a ajuns la ideea de a folosi un microcontroller de la Infineon și anume Infineon Tricore [IFX] TC1784

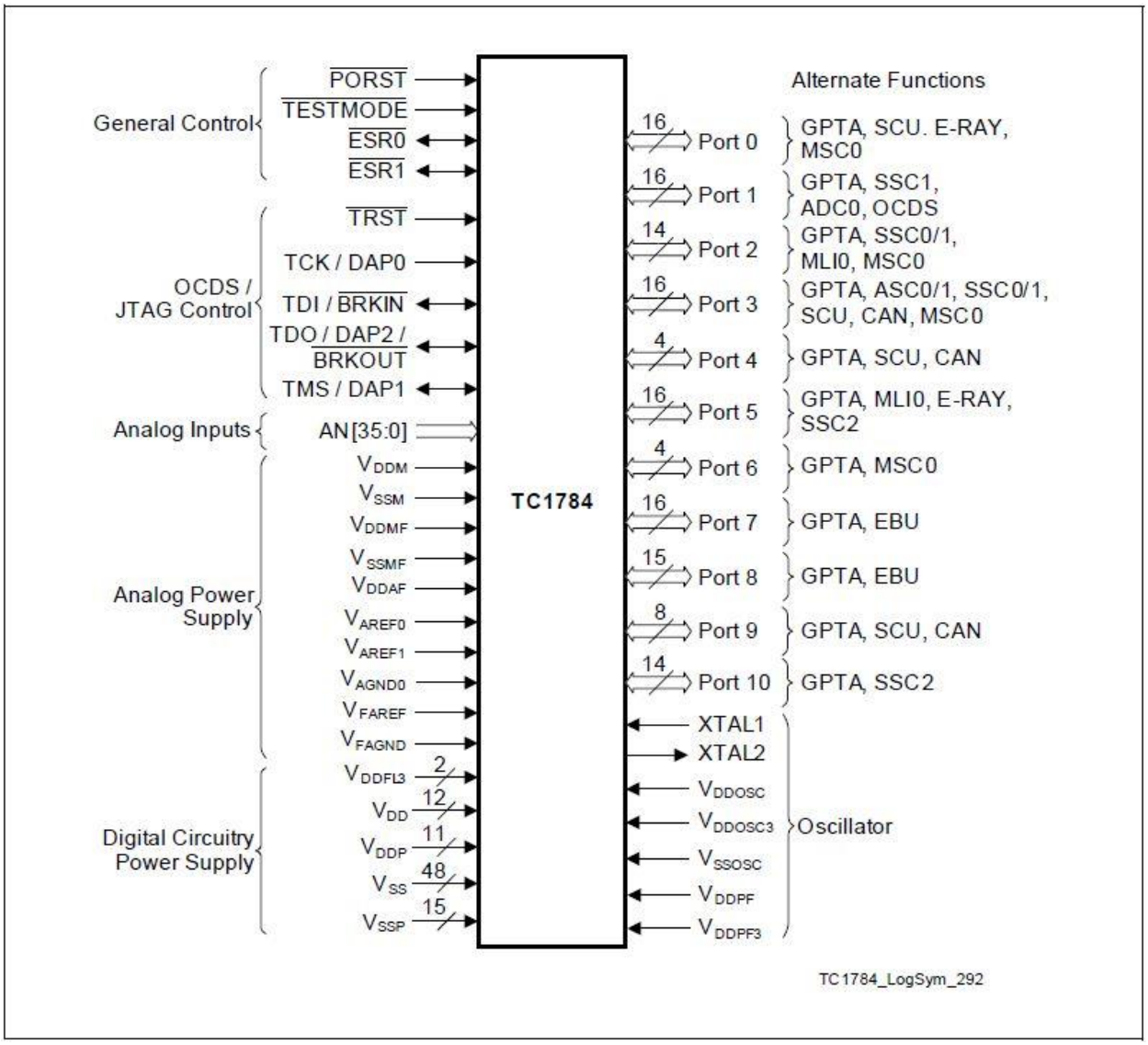


Figura 1.6.1

În continuare, o să ilustrez schema bloc a microcontroller-ului Infineon TC1784:

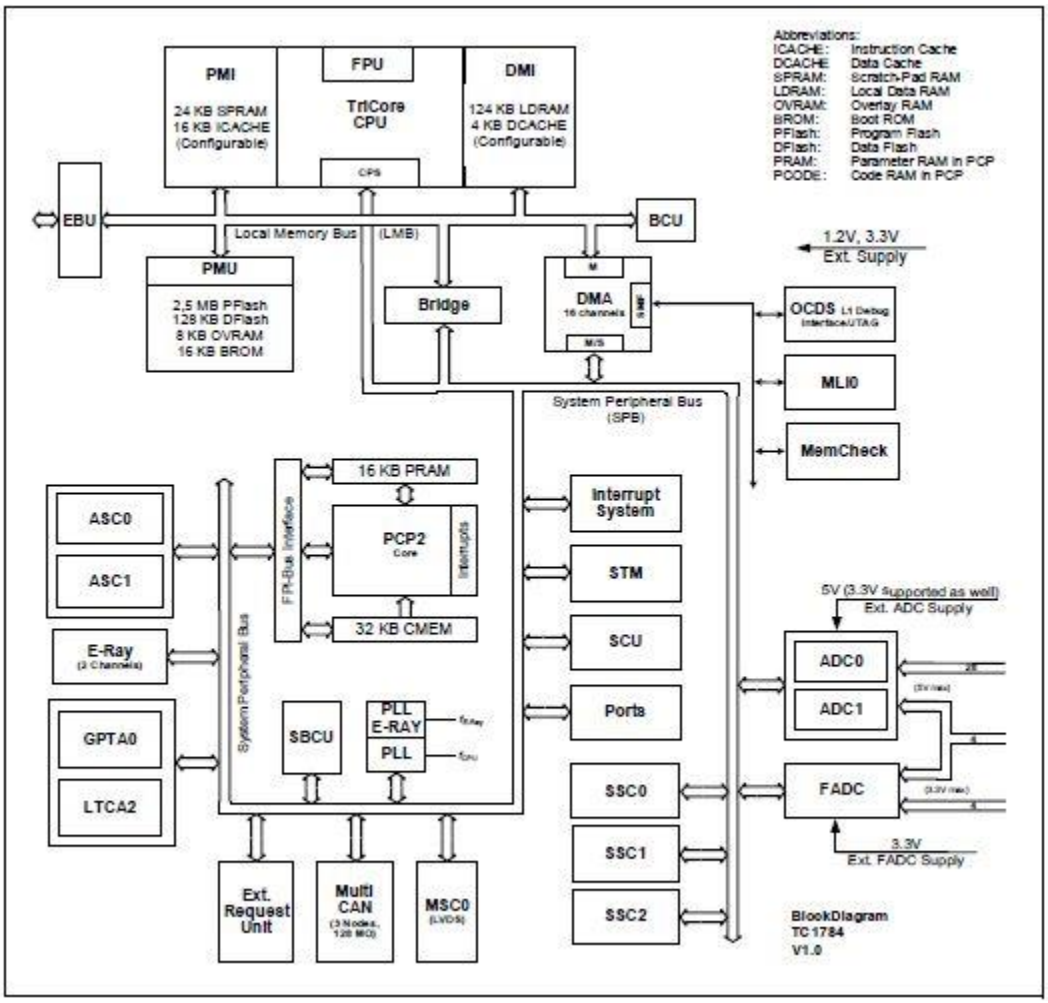


Figura 1.6.2.

- Din punct de vedere al construcției acestuia, desprindem următoarele caracteristici:
  - Frecvența maximă a CPU-ului: 180 MHz
  - Frecvența maximă a PCP-ului: 180 MHz
  - Frecvența maximă a sistemului: 90MHz
- Structural și privind CPU-ul, microcontroller-ul TC1784 include un CPU de mare performanță și un procesor de control periferic-**PCP**.
- În ceea ce privește PCP-ul, acesta este un procesor de control periferic foarte flexibil optimizat pentru controlul întreruperilor, "descărcând" astfel CPU-ul.
- Totodată, TC1784 include un controller DMA (Direct Memory Access) cu 16 canale DMA independente.
- TC1784 include un sistem programabil de întrerupere cu următoarele caracteristici:
  - Răspuns rapid de întrerupere

- Sisteme independente de întrerupere pentru CPU și PCP
- Noduri de cereri de servicii programabile (SRN)
- Fiecare SRN poate fi mapat la sistemul de întreruperi al CPU-ului sau PCP-ului
- Schemă flexibilă de prioritizare a întreruperilor cu 255 de nivele de prioritate întreruperi per întrerupere sistem

1.7 Generația_2 a proiectului DL382

2. **Generația 2**, a folosit un alt microcontroller de la Infineon și anume Aurix TC277:

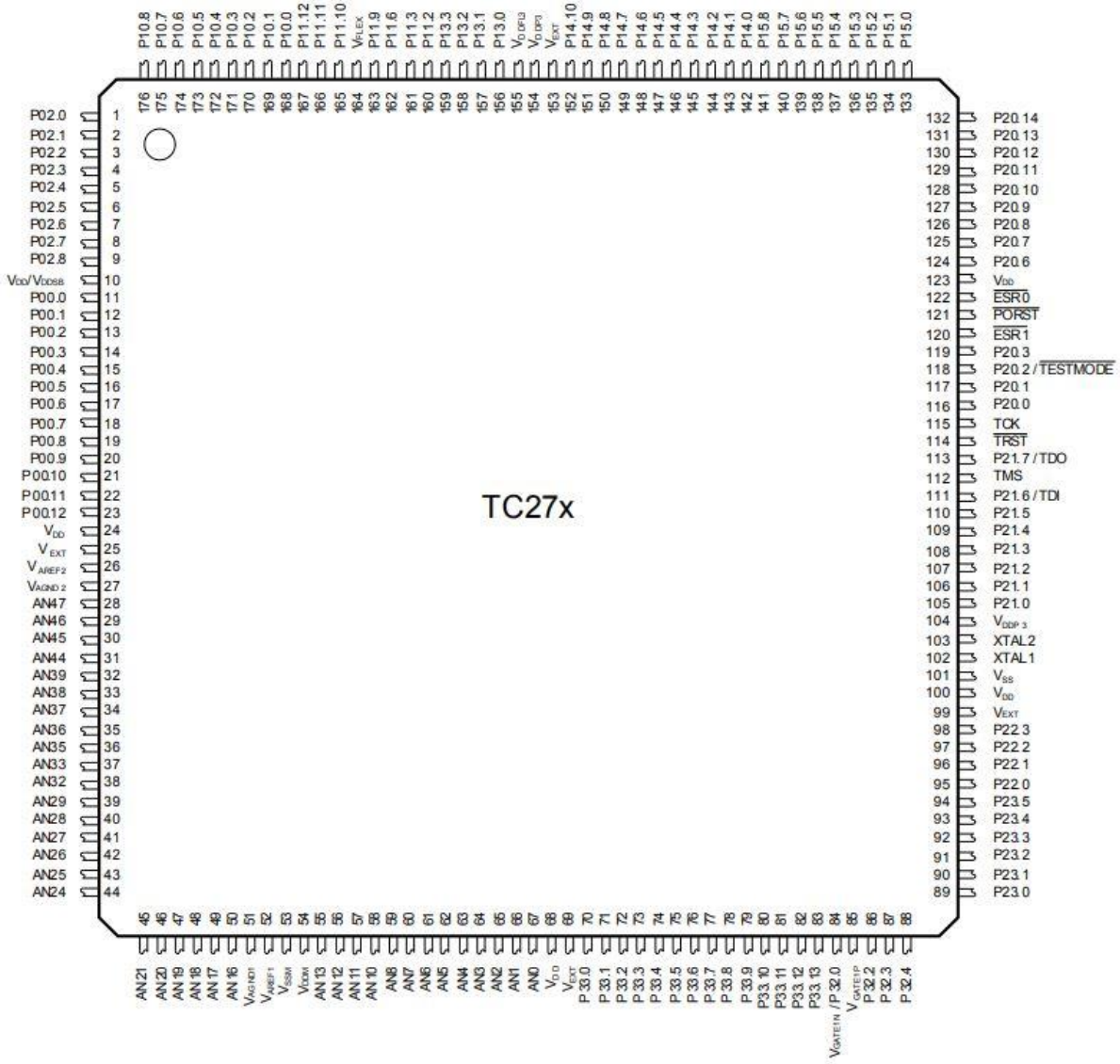


Figura 1.7.1

În continuare, o să prezint schema bloc simplificată a micrcontroller-ului Aurix TC277:

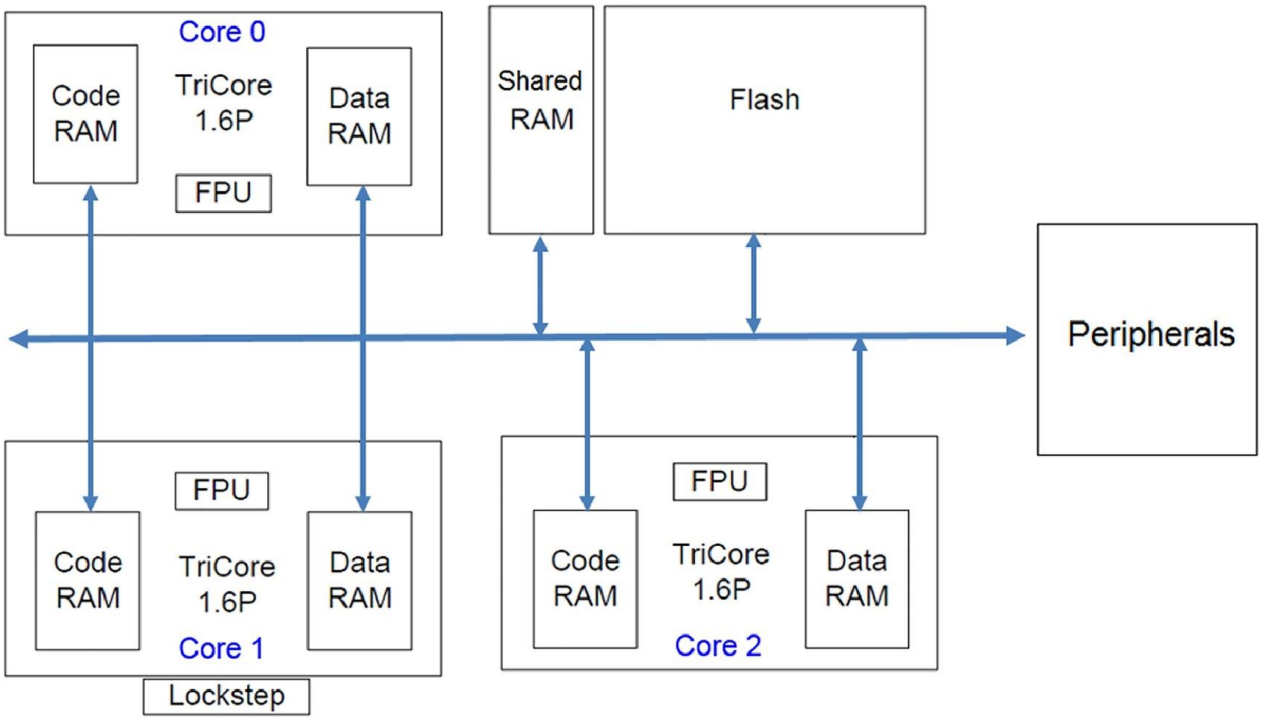


Figura 1.7.2.

- Tehnologie TriCore, **core0 core1 core2**, cu o frecvență de până la 200 MHz per core
- Suportă operațiile cu virgulă flotantă și virgule fixă cu toate core-urile
- Temperatură: -40°C ... 145°C
- Alimentat la 5.5V sau 3V
- În ceea ce privește conectivitatea, amintesc:
    - FlexRay
    - SPI
    - CAN
    - LIN
    - UART
    - Ethernet

În fiecare dintre cele 2 generații, cu acronimele Gen1, respectiv Gen2, avem 2 metode pentru comanda cutiei de viteze automate: **SBC** (Shift by Cable) și **SBW** (Shift by Wire).

Despre **SBW**, putem spune că este sistemul prin care modurile de transmisie sunt antrenate/schimbate într-un automobil prin comenzi electronice, fără a avea vreo legatură mecanică între maneta schimbătorului de viteze și transmsie.

În mod tradițional, prin metoda **SBC,** schimbarea transmisiei a fost realizată prin legaturi mecanice pentru a pune vehiculul in poziții cum ar fi Park (P), Reverse (R), Neutru (N), Drive (D), folosind un mâner montat pe coloana de directive sau un schimbător de viteze în apropierea consolei centrale.

Prin metoda **SBW**, se elimină spațiul de rutare necesar pentru a acoperi legăturile mecanice dintre schimbătorul de viteze și transmisie. În plus, asigură deplasarea fără efort prin apăsarea unui buton sau butoane. Prin această optimizare se elimină orice efort din partea șoferului care-și selectează viteza.

1.8 Comunicarea microcontrolerului cu chipul EEPROM

Microcontrolerul comunică cu chipul de EEPROM prin intermediul interfeței SPI.

Interfața seriala SPI (Serial Peripheral Interface) este o interfața sincronă standard de mare viteză, ce operează în mod full duplex. Numele ei a fost dat de Motorola. Ea e folosită ca sistem de magistrală serială sincronă pentru transmiterea de date, unde circuitele digitale pot să fie interconectate pe principiul master-slave. Aici, modul master/slave înseamnă că dispozitivul (circuitul) digital master inițiază cuvântul de date. Mai multe dispozitive (circuite) digitale slave sunt permise cu slave select individual, adică cu selectare individuală.

SPI-ul are patru semnale logice specifice:

- SCLK - Ceas serial (ieșire din master)
- MOSI/SIMO - Master Output, Slave Input (ieșire master, intrare slave)
- MISO/SOMI - Master Input, Slave Output (intrare master, iesire slave)
- SS - Slave Select (active low, ieșire din master)

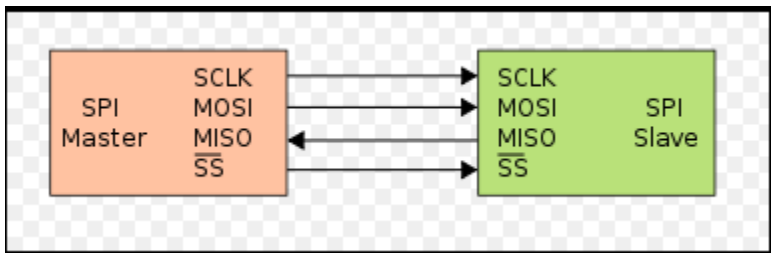


Figura 1.8.1

Pentru a începe comunicarea, master-ul mai întâi configurează ceasul, folosind o frecvență mai mică sau egală cu maximul frecvenței suportata de slave. Aceste frecvențe sunt de obicei în intervalul 1-70 MHz. Atunci master-ul setează slave select-ul pe nivelul 'jos' (en. low) pentru chip-ul dorit. Dacă este necesară o perioada de așteptare (ca la conversia analog-digitală) atunci master-ul așteaptă cel puțin acea perioadă de timp înainte de a începe ciclurile de ceas.

În timpul fiecărui ciclu de ceas SPI, apare o transmisie full duplex:

- master-ul trimite un bit pe linia MOSI; slave-ul îl citește de pe aceeași linie;
- slave-ul trimite un bit pe linia MISO; master-ul îl citește de pe aceeași linie.

Nu toate transmisiile de date necesită toate aceste operații (de ex. transmisia unidirecțională) deși acestea se petrec.

1.9 Situaţie actuală

Cu toții suntem conștienți că ne aflăm în secolul vitezei. În secolul cu cele mai multe schimbări la nivelul tehnologiei. În secolul unde lumea nu mai are răbdare și toți își doresc ca lucrurile să se întâmple cât mai rapid cu putință.

Pe aceste considerente s-au bazat și cei de la Audi. Ei își doresc ca toate elementele să se inițializeze și să interacționeze între ele într-un timp cât se poate de scurt.

Din această dorință și totodată cerere din partea clientului, s-a născut și proiectul meu de diplomă. Astfel, am ajuns să fiu nominalizat ca fiind responsabil pentru îmbunătățirea timpului în care **TCU**-ul reacționează. Prin reacția **TCU**-ului înțeleg timpul său de inițializare, de unde derivă mai apoi comunicarea cu celelalte componente ale mașinii.

Durata inițializării unității de control a transmisiei, adică a **TCU**-ului, depinde într-o proporție covârșitoare de citirea totală a datelor din EEPROM.

În cadrul companiei Continental, divizia Powertrain Transmission, există un proiect cu distribuţie multicore care foloseşte o unitate de control a transmisiei, **TCU**, pentru a manipula cutia de viteze a maşinilor Audi.

În trecut, folosind un proiect mai vechi, era utilizată o unitate de control a transmisiei cu un singur nucleu pentru a manevra cutia de viteze a maşinilor Audi.

Atât în proiectul părinte, cu singur core, cât şi în proiectul recent (cel multicore), citirea datelor din EEPROM se face pe un singur core.

Dacă în proiectul vechi, soluţia de citire pe un singur core era singura disponibilă, pe cel multicore se doreşte distribuirea blocurilor de memorie EEPROM alături de celelalte elemente necesare iniţializării TCU-ului într-un mod cât mai avantajos pe 2 core-uri.

1.10 Temă propriu-zisă

Având în vedere că în noul proiect unitatea de control a transmisiei, **TCU-ul**, dispune de un microcontroler cu 3 core-uri, îmi doresc să îmbunătăţesc considerabil durata de citire a datelor din EEPROM. Astfel, din momentul în care s-a acţionat cheia de pornire a maşinii (KL15 => ON), să dispun blocurile de memorie EEPROM, alături de celelalte elemente necesare iniţializării TCU-ului, într-un mod avantajos şi benefic pe 2 core-uri.

Ţinând seama de faptul că microcontrolerul “primeşte” informaţii de la chipul memoriei EEPROM prin intermediul interfeţei SPI, rezultă că funcţionalitatea interfeţei trebuie “transferată“ şi pe al-2lea core ce urmează a fi utilizat (pe core-ul 1, utilizat iniţial, interfaţa a fost implementată).

2.Proiectare și implementare

După cum am descris în linii mari, în capitolul 1, îmi propun să reduc timpul de inițializare al TCU-ului (unitatea de control a transmisiei). Durata de timp între momentul acționării de către utilizator a cheii de la mașină (KL15 => ON) și momentul în care TCU-ul reacționează este influențată în proporții extrem de mari de citirea datelor din EEPROM.

În proiectul anterior, proiectul "părinte", citirea datelor din EEPROM s-a făcut pe un singur core, fiind singura soluție la acel moment, microcontroler-ul din TCU având un singur core.

În cele din urmă, pentru ultima versiune a proiectului (și anume generația 2), s-a trecut la un microcontroler cu 3 core-uri.

Cu toate acestea, având disponibilitatea de a folosi într-un mod benific și avantajos această nouă caracteristică, citirea datelor din EEPROM a rămas pe un singur core. Așadar, la un moment dat, s-a luat o decizie normală, previzibilă și logică, de a folosi microcontrolerul la adevărata performanță.

În cadrul proiectului, toate datele din EEPROM sunt citite de-a lungul a 2 funcții: DlsReadByIndexInit() și EepReadImmediate().

Fiecare bloc de memorie din EEPROM, are mai multe informații prin care este unic:

- un index, care ne arată și adresa blocului
- dimensiunea, care arată câți octeți are fiecare bloc

În momentul în care se acționează cheia, microcontrolerul cere date de la chipul de EEPROM al TCU-ului. Pentru a comunica cu chipul de EEPROM, microcontrolerul se folosește de interfața SPI.

Așadar, pentru început, mi-am dorit o îmbunătățire severă a timpului de inițializare al TCU-ului, fără a "transfera" funcționalitățile interfeței SPI și pe un core ce urma a fi folosit. Deoarece SPI-ul trebuie să fie prezent doar pe core-ul care citește propriu-zis din EEPROM, am dezvoltat o primă soluție prin care să citesc blocurile de memorie din EEPROM pe un singur core și să transfer celelalte operații necesare citirii din chipul de EEPROM pe un alt core.

În aceste condiții, descrise anterior, se evita prezența simultană a functionalităților interfeței SPI pe mai multe core-uri.

În practică, lucrurile nu s-au întâmplat așa cum au fost gândite, proiectate cu "hârtia și creionul". Îmbunătățirea, existentă totuși, nu a fost nici pe departe cea cerută de client. Dacă în mod clasic, inițializarea TCU-ului avea o durată de aproximativ 200 milisecunde, aici însumând citirea "brută" a datelor, dar și celelalte operații, cu prima soluție am ajuns undeva spre 183 milisecunde.

Deoarece rezultatul nu a fost cel aşteptat, nici pe departe, am început investigaţia şi astfel am măsurat cât durează doar citirea din EEPROM-ul fizic, pentru a putea dezvolta în continuare soluţii viabile.

Astfel, am urmărit exact unde sunt apelate cele 2 funcţii care fac citirea completă a EEPROM-ului fizic, şi folosind interfaţa timer a microcontrolerului în cauză, înainte şi după apelul funcţiilor, am ajuns la următoarele rezultate:

- citirea "brută" a datelor din EEPROM-ul fizic pe core-ul iniţial folosit

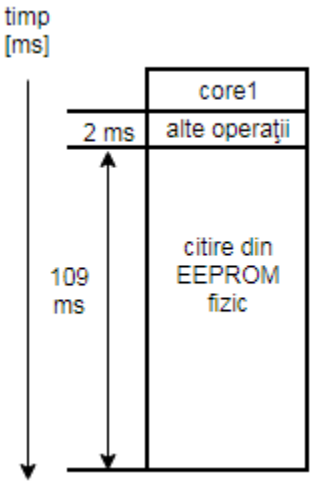


Figura 2.1

- citirea datelor din EEPROM-ul fizic mutate pe core-ul 0 şi lăsarea operaţiilor adiţionale pe core-ul 1, folosit iniţial

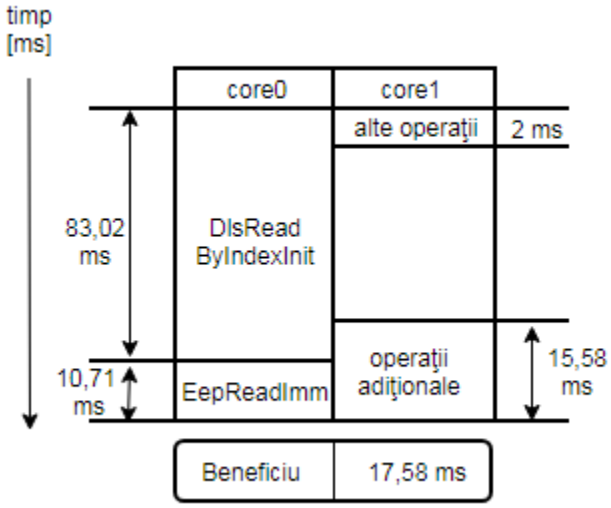


Figura 2.2.

Prin urmare, comparând toate aceste rezultate obţinute era evident că nu am facut altceva decât să mut lucruri aproape nesemnificative pe celălalt core.

Pentru ultimele rezultate, am mutat funcţia de iniţializare a EEPROM-ului fizic în task-ul de init al core-ului 0.

Datorită timpului de iniţializare total al TCU-ului, următorul pas logic era să determin exact toate elementele care alcătuiesc acest timp de iniţializare. Astfel am ajuns la următoarele:

- citirea datelor din **chipul de EEPROM**
- operaţii necesare citirii din EEPROM-ul fizic
- citirea din **EEPROM-ul emulat**
- **switch off path check** sau **switch off path test**

Un element important în toată implementarea îl reprezintă oglinda RAM. Oglinda RAM este o stare de tranziţie a informaţiilor necesare iniţializării TCU-ului.

Astfel, imediat după acţionarea cheii de către utilizator, microcontrolerul primeşte informaţii din EEPROM-ul fizic şi din EEPROM-ul emulat şi le salvează în oglinda RAM. Acolo, datele pot suferi modificări chiar în timpul funcţionării. Mai departe, toate datele din oglinda RAM sunt utilizate local.

După oprirea maşinii, KL15 => OFF, datele din RAM se pierd. Rămân salvate doar în EEPROM. De acolo vor fi cerute din nou pentru iniţializarea TCU-ului, la următoarea rulare a maşinii.

O să ilustrez o mică schemă care arată procesul în linii mari

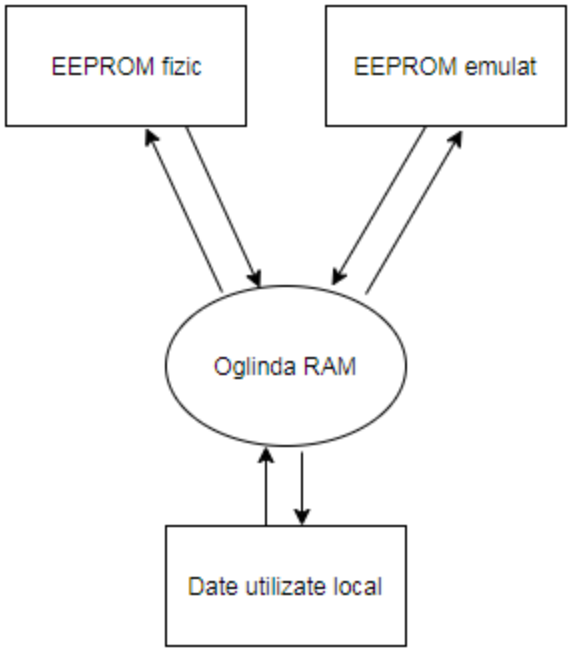


Figura 2.3

Switch off path check-ul (SOPC) este un element esenţial în iniţializarea TCU-ului, este cel care determină starea valvelor şi a tuturor conexiunilor pentru a se asigura că totul rulează la parametri optimi înainte de pornire. Este cel responsabil cu oprirea sistemului în cazul detecţiei unei erori de orice natură.

Prin **SOPC**, trebuie să fim capabili să dovedim că mecanismele de safety funcționează. În această categorie intră toate funcțiile care pot duce la răniri. Acestea din urmă, trebuie să fie tratate special conform ISO 26262.

În ceea ce privește departamentul Transmission, în proiectele noastre, în caz de eroare, trebuie să dezactivăm imediat controlul electric, să nu mai primească motorul sau valvele energie.

Prin această funcție de safety înțelegem 2 canale redundante. Prin aceste 2 canale, se dorește existența unei verificări speciale, suplimentare. De reținut este faptul că cele 2 canale sunt independente. Este arhisuficient ca unul din canale să răspundă cu o eroare, iar sistemul intră imediat în safe state, starea de siguranță.

Înainte de **Switch Off Patch Check (SOPC)**, microcontrolerul își efectuează check-urile proprii prin safety_lib. Totodată, Cy-ul își face un self test pentru a fi sigur că poate răspunde la cererile venite de la microcontroler.

Dacă ne îndreptăm atenția spre starea de siguranță, safe state, desprindem mai multe surse care ne pot duce în această situație:

- se verifică Question<->Answer între microcontroler și unitatea de monitorizare. Dacă vin prea multe răspunsuri greșite, Cy va transmite starea de siguranță. Dacă situația de greșeală se restaurează înainte ca microcontrolerul să-și dea reset, atunci poate să-și revină întreg procesul
- microcontrolerul poate să mai ceară starea de siguranță pe o linie digitală supervizată de către unitatea de monitorizare
- după ce s-au efectuat verificările că se poate intra în safe state, se resetează și se face self test dacă BLDC răspunde la schimbări

În plus, toate chestiile în derularea SOPC-ului, trebuie să respecte un time_check. Altfel, în cazul depășirii acestui timp tolerant, se va genera un timeout. În aceste condiții, pe comunicația TCU-ului cu celelalte elemente ale mașinii se va transmite un mesaj de eroare.

După măsurarile aferente, **SOPC-ul** durează undeva la 63 milisecunde.

Celălalt timp rămas se datorează EEPROM-ului emulat.

În mod tradiţional, **SOPC-ul**, se executa după citirea din EEPROM-ul fizic şi din EEPROM-ul emulat.

Sesizând faptul că citirea datelor din chipul de EEPROM dureză undeva la 111 milisecunde, mi-am dat seama că dacă aş reuşi să pun în “paralel”, pe de-o parte citirea din EEPROM-ul fizic, iar de cealaltă parte citirea din EEPROM-ul emulat alături de SOPC, toata acţiunea ar tinde spre un oarecare echilibru în ceea ce priveşte cele două procese.

În timp ce pe core-ul 0 se începe citirea clasică a blocurilor de memorie din EEPROM-ul fizic, în acelaşi timp să înceapă şi pe core-ul 1 realizarea SOPC-ului urmată de citirea din EEPROM-ul emulat.

Privind cele spuse anterior, prin încercare mea de a ”echilibra” durata de iniţializare a TCU-ului, ţin să precizez că în toate aplicaţiile şi proiectele din domeniul IT, se urmăreşte dezvoltarea cât mai ”curată” şi eficientă a paralelismului. Aici, avem câteva exemple: Thread-uri, Pipe-uri etc. Ştim foarte bine că, deşi se spune despre solutiile amintite anterior ca se executa in paralel, nu este vorba despre un paralelism “curat”.

După mai multe ”creionări” şi documentări ale ideii ce urma să o implementez, am încercat cele spuse anterior.

Deoarece şi SOPC-ul are nevoie de comunicaţie cu interfaţa SPI, atunci a trebuit evident ca driverul de SPI să fie prezent pe cele 2 core-uri.

Situaţia actuală de iniţializare o să o ilustrez succint:

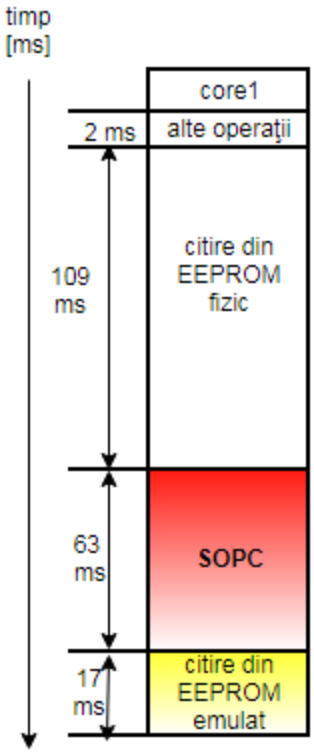


Figura 2.4

Apoi, implementând în totalite ideea enunţată, am ajuns la următoarele rezultate:

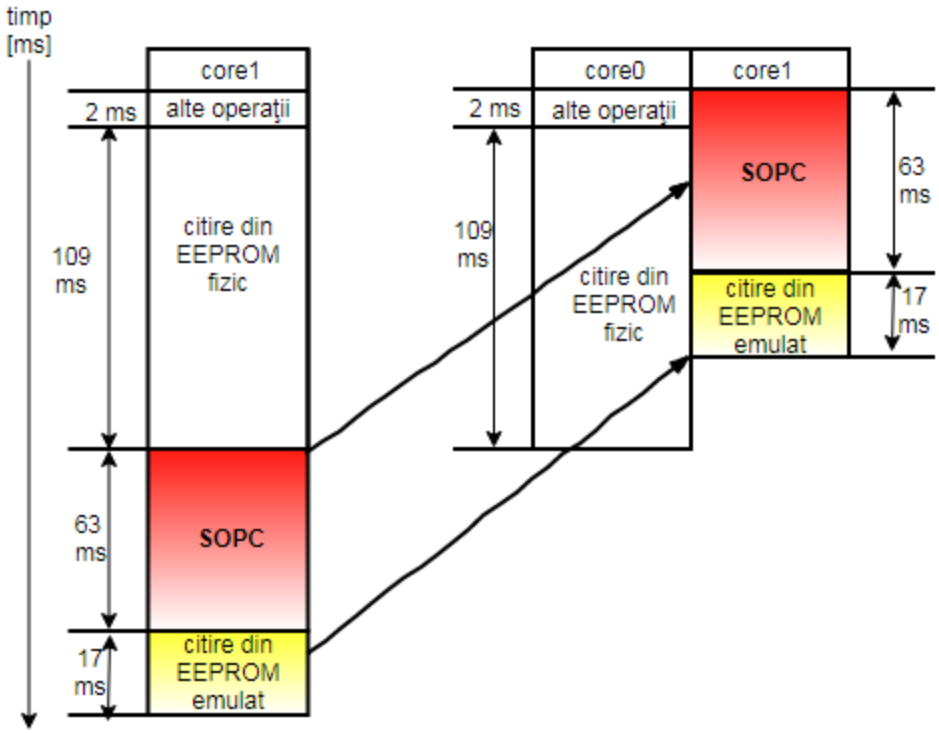


Figura 2.5

Aşadar, timpul de iniţializare al TCU-ului cu aceste modificări ar ajunge aproximativ la durata citirii tuturor datelor din EEPROM-ul fizic.

Un element de punctat ar fi că EEPROM-ul emulat nu necesită comunicaţie cu interfaţa SPI.

Privind problema cu driver-ul de SPI, care este obligatoriu funcţional pe cele 2 core-uri, am realizat 2 job-uri diferite ale interfeţei care să vină cu întreruperi pe cele două core-uri.

- Cy328, pentru core1 respectiv SOPC şi EEPROM emulat
- SCC, pentru core0 respectiv citire din EEPROM fizic

Dacă îmi îndrept atenţia spre citirile din EEPROM, trebuie să precizez că la pornire se cer date de la ultima funcţionare a maşinii. În EEPROM rămân date salvate care se colectează:

- În momentul în care se face ingnition OFF/ON (KL15 => OFF, KL15 => ON)
- În timpul funcţionării automobilului
- Doar la cerere, în momente de timp bine stabilite

3.Testare

3.1 Structura sistemului

Pentru acest proiect am dispus de un sistem format din urmatoărele componente:

1. Sursa de tensiune
2. VN 7600
3. **TCU**, unitatea de control a transmisiei
4. Trace32, debugger
5. Cablu

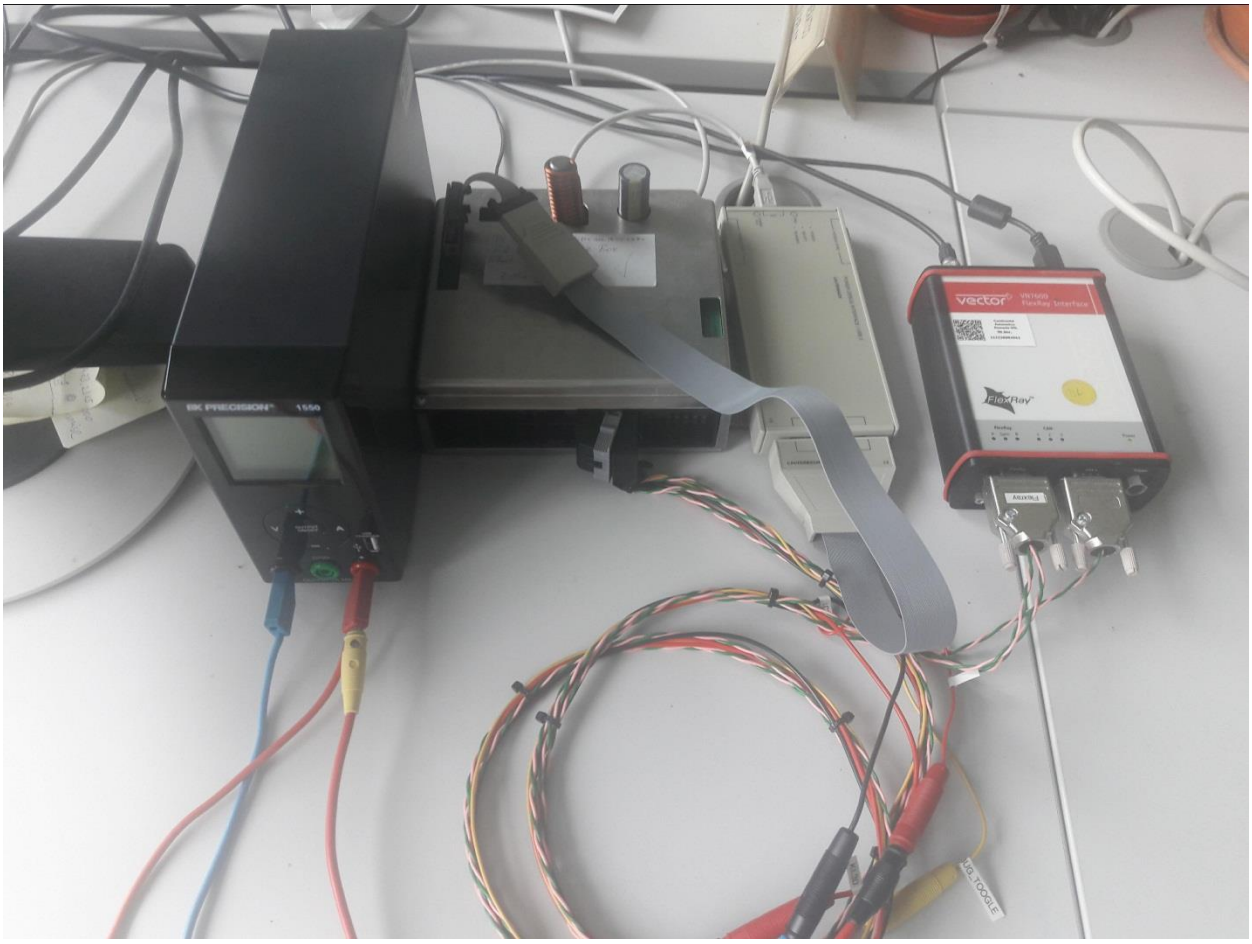


Figura 3.1.1

3.2 Rezultate experimentale

După ce am realizat codul cu modificările dorite, următorul pas pe care trebuie să-l facem e să încărcăm (să flashuim) acel cod pe TCU, unitatea de control a transmisiei. Pentru a realiza acest lucru, ne folosim de o unealtă des utilizată în cadrul departamentului nostru și anume Diagra.

În procesul proriu-zis de flashuire, primul pas e să alegem unul din cele două moduri de comunicație ale TCU-ului:

- Controller Area Network (CAN)
- FlexRay

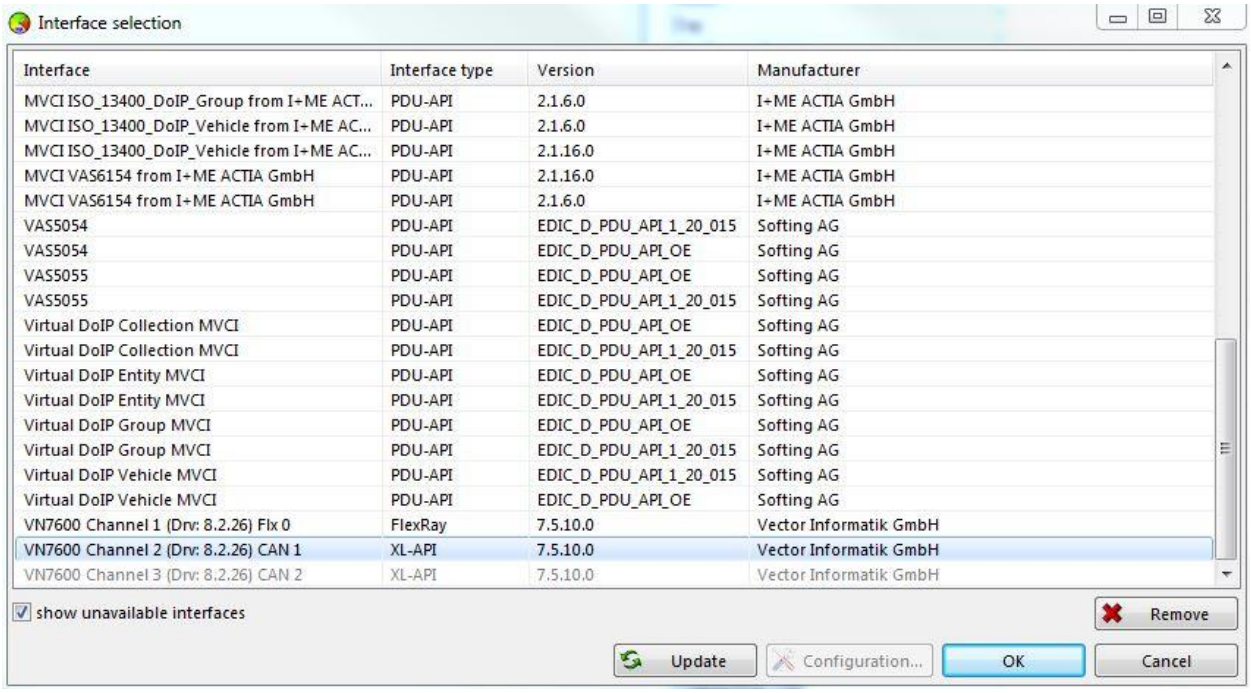


Figura 3.2.1

În continuare, fiecare funcție a TCU-ului are un anumit identifier. Prin meniul de selecție al funcțiilor, putem să alegem spre vizualizare oricare proprietate pe care ne-o dorim.

După căutarea si găsirea după identifier a lucrurilor ce se doresc vizualizate, din partea stângă a meniului, se apasă săgeata dreapta și se trec în partea dreaptă. Acolo, sunt toate elementele ce vor fi mai târziu observate.

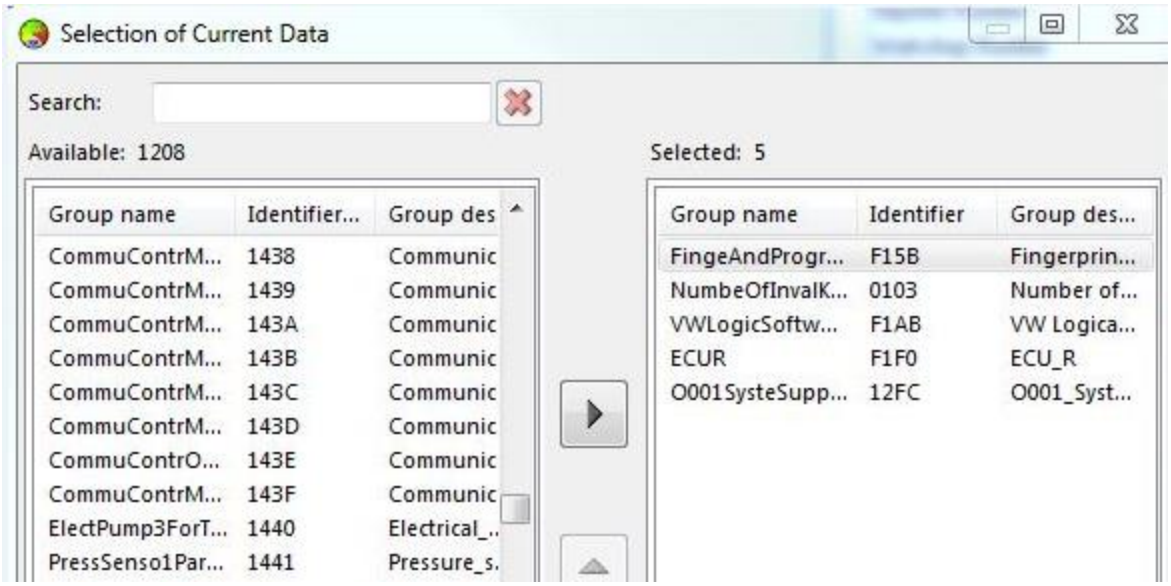
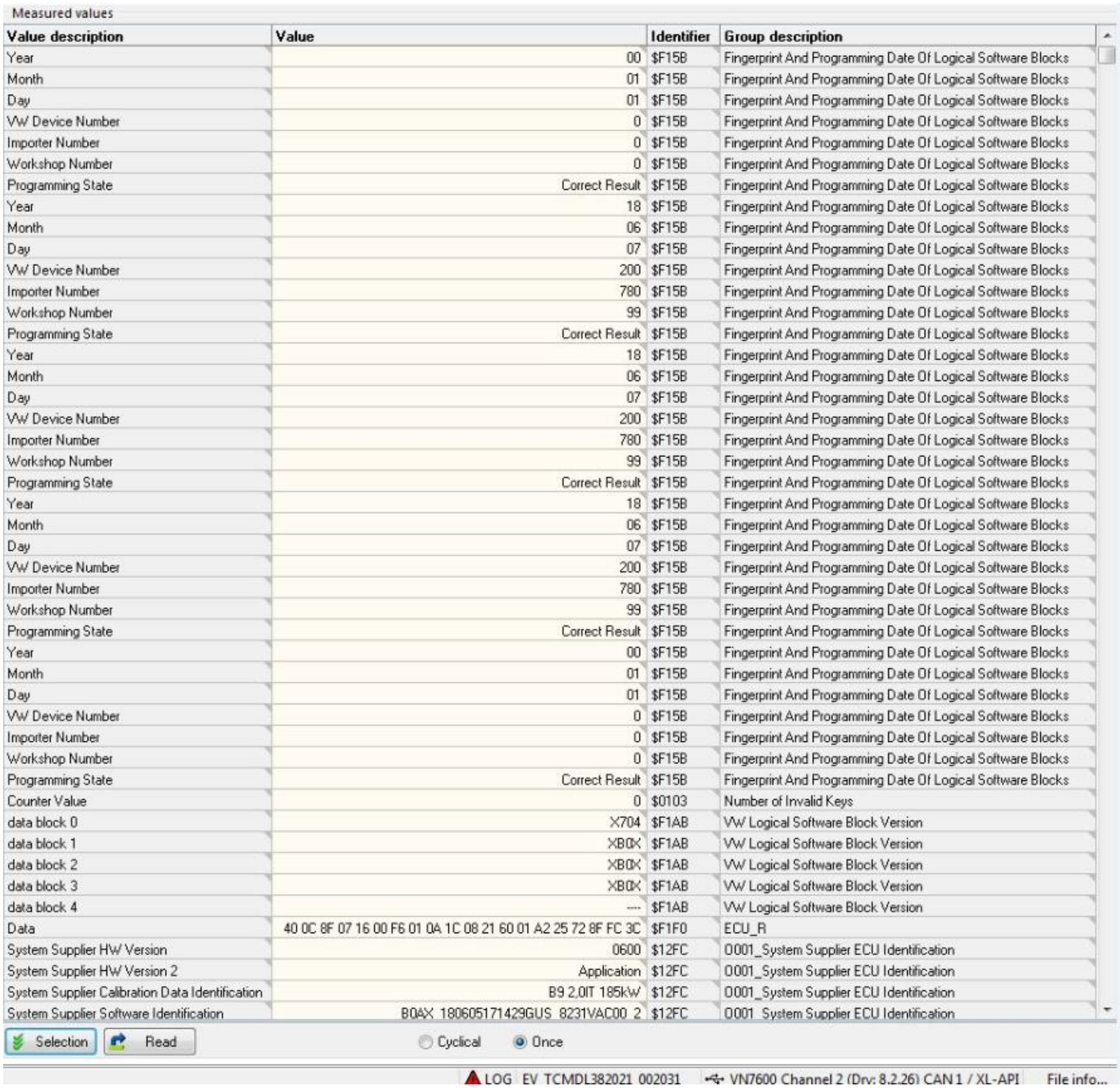


Figura 3.2.2

După ce am selectat tot ce ne-am dorit, apăsăm butonul OK și revenim la meniul principal. În cele ce urmează o să observăm informațiile grupate pe mai multe coloane, astfel:

- Descrierea valorilor
- Valoarea
- Identifier
- Descrierea grupului din care fac parte



Measured values

Value description	Value	Identifier	Group description
Year	00	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Month	01	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Day	01	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
VW Device Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Importer Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Workshop Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Programming State	Correct Result	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Year	18	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Month	06	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Day	07	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
VW Device Number	200	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Importer Number	780	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Workshop Number	99	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Programming State	Correct Result	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Year	18	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Month	06	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Day	07	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
VW Device Number	200	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Importer Number	780	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Workshop Number	99	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Programming State	Correct Result	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Year	18	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Month	06	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Day	07	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
VW Device Number	200	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Importer Number	780	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Workshop Number	99	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Programming State	Correct Result	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Year	00	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Month	01	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Day	01	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
VW Device Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Importer Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Workshop Number	0	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Programming State	Correct Result	$F15B	Fingerprint And Programming Date Of Logical Software Blocks
Counter Value	0	$0103	Number of Invalid Keys
data block 0	X704	$F1AB	VW Logical Software Block Version
data block 1	XB0X	$F1AB	VW Logical Software Block Version
data block 2	XB0X	$F1AB	VW Logical Software Block Version
data block 3	XB0X	$F1AB	VW Logical Software Block Version
data block 4	----	$F1AB	VW Logical Software Block Version
Data	40 0C 8F 07 16 00 F6 01 0A 1C 08 21 60 01 A2 25 72 8F FC 3C	$F1F0	ECU_R
System Supplier HW Version	0600	$12FC	0001_System Supplier ECU Identification
System Supplier HW Version 2	Application	$12FC	0001_System Supplier ECU Identification
System Supplier Calibration Data Identification	B9 2,0IT 185kW	$12FC	0001_System Supplier ECU Identification
System Supplier Software Identification	B0AX 180605171429GUS 8231VAC00 2	$12FC	0001_System Supplier ECU Identification

Figura 3.2.3

Încărcarea valorilor se face prin apăsarea butonului READ, iar citirea valorilor se poate face o singura dată sau chiar ciclic, la fiecare interval de timp.

În partea de jos, putem să observăm canalul setat de comunicație.

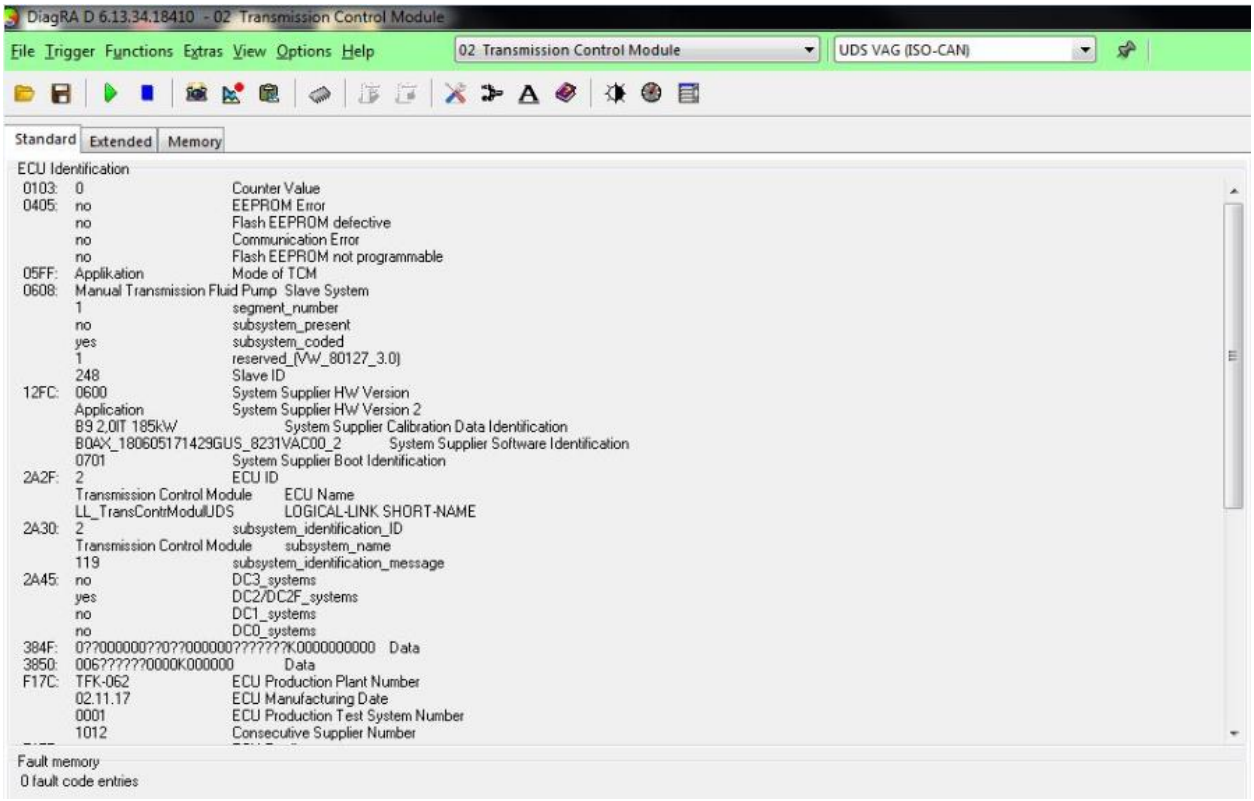


Figura 3.2.4

Încărcarea valorilor se face prin apăsarea butonului READ, iar citirea valorilor se poate face o singura dată sau chiar ciclic, la fiecare interval de timp.

În partea din stânga putem citi sau șterge DTC-uri.

Aceste au fost date generale despre interfața tool-ului cu utilizatorul.

La opțiunile de flashuire se încarcă fișierul cu extensia .hex, ce a fost generat după compilarea codului scris în limbajul de programare C.

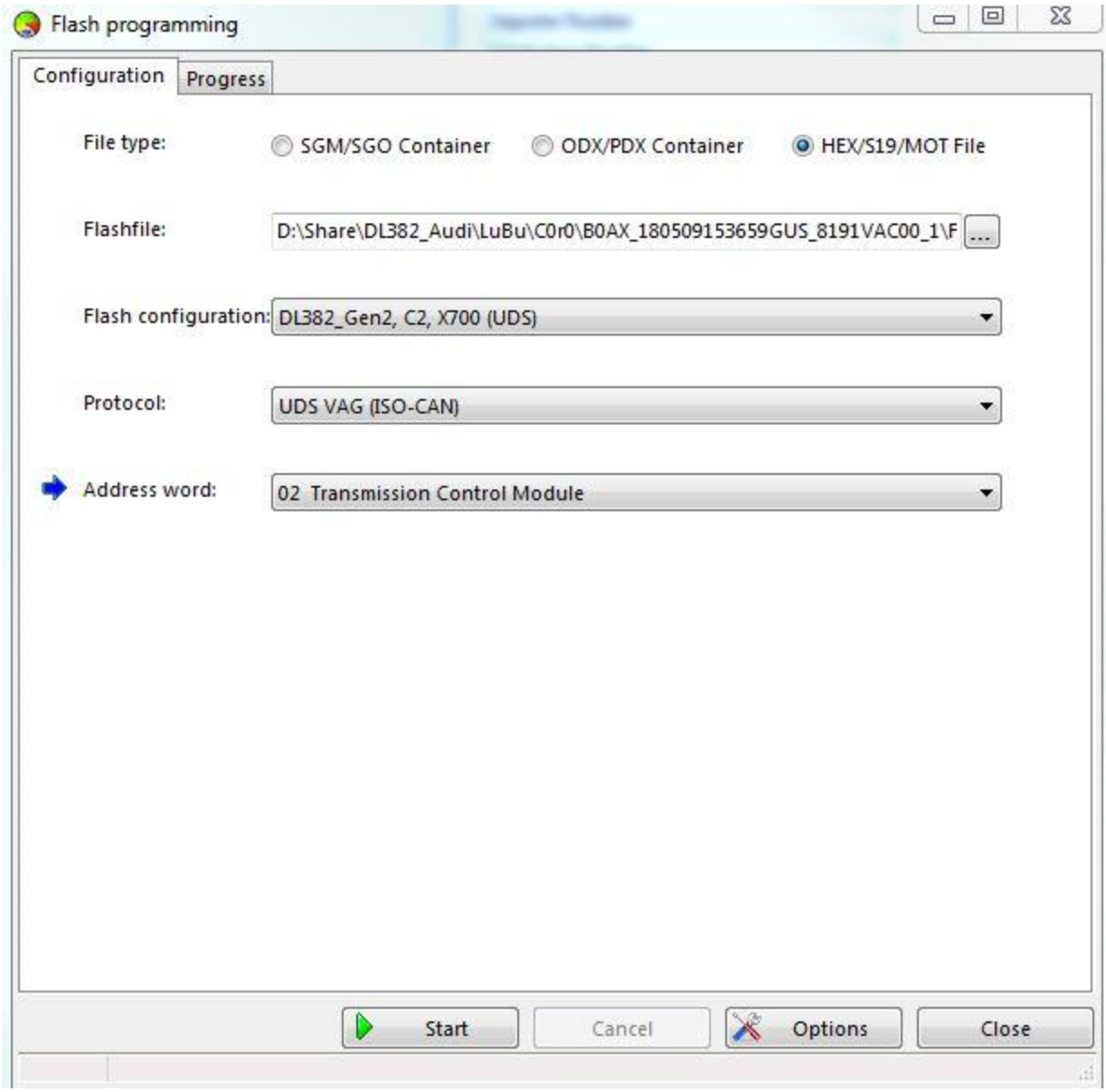


Figura 3.2.5

După ce am ales fișierul cu extensia .hex dorit, ne rămâne să alegem configurația flashuirii, protocolul și address word-ul.

După ce caracteristicile anterioare au fost stabilitie și setate, prin butonul OPTIONS, ni se deschide un panou, unde avem acces și putem modifica următoarele:

- Baudrate-ul
- Dimensiunea maximă a blocurilor de memorie, în octeți

Totodată, mai avem și niște check box-uri care selectează sau deselectează anumite funcționalități ce pot influența procesul de flashuire.

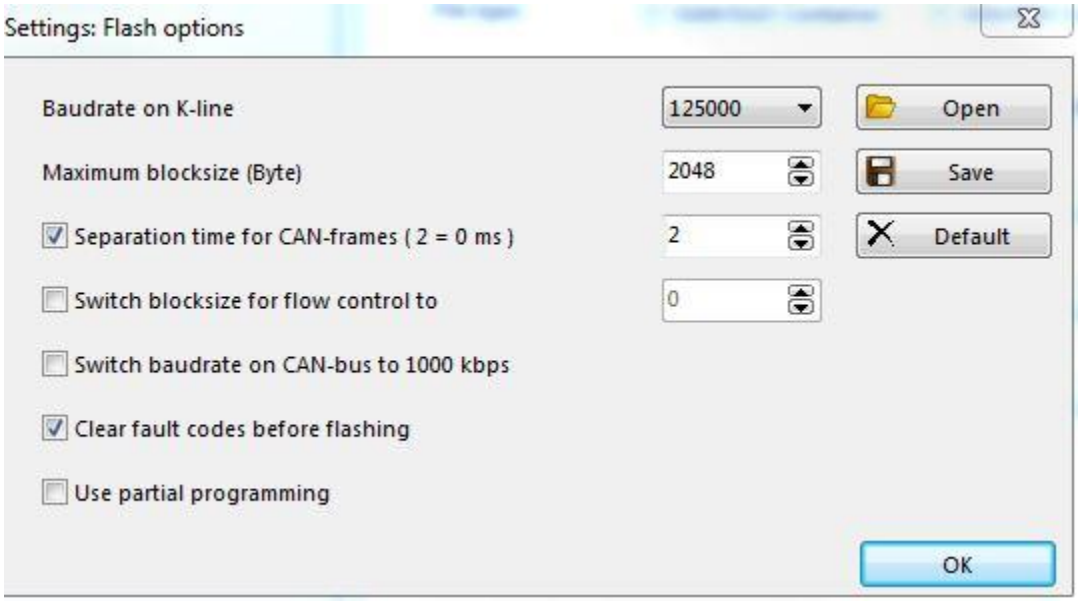


Figura 3.2.6

Pentru proiectul în care-mi desfășor activitatea, există 3 blocuri de memorie care trebuie scrise.

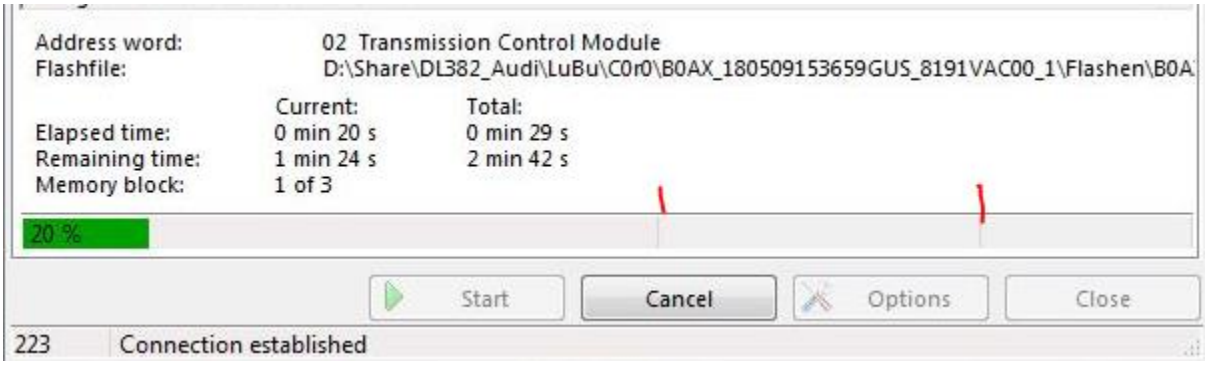


Figura 3.2.7

Cele 3 blocuri de memorie sunt următoarele:

- Bloc1, SW aplicativ
- Bloc2, Calibrări
- Bloc3, SW basic

După ce indicatorul ajunge la 100% pentru fiecare dintre cele 3 blocuri, procesul se sfârșește cu succes.

Astfel, TCU-ul, unitatea de control a transmisiei, rulează din acest moment cu modificările gândite, dezvoltate și implementate.

Din acest moment, putem începe vizualizare informațiilor de care avem nevoie. Ne vom folosi de tool-ul Trace32, în care a fost încărcat un fișier cu extensia .elf generat la compilarea codului pentru a putea urmări toate variabilele și structurile utilizate.

Astfel, vom genera un tabel cu informații având următoarea structură:

- Identifier-ul fiecărui bloc de memorie EEPROM
- Durata de execuție preluată din Trace32, măsurată în nanosecunde
- Durata de execuție, transformată în milisecunde
- Timestamp-ul fiecărui bloc de memorie
- Delta reprezintă diferența între 2 timpestamp-uri și transformarea în milisecunde a diferenței
- Adresa blocului
- Dimensiunea blocului

ID bloc EEPROM	Durata de execuție (ns)	Durata de execuție (ms)	Timestamp (STM0)	Delta		Adresă	Dimensiune

Figura 3.2.8

Pentru a popula tabelul cu structura proaspăt stabilită, este necesar să urmărim în Trace32 citirea blocurilor de memorie EEPROM. Aici, este vorba de EEPROM-ul fizic.

În cele ce urmează, trebuie să ținem cont de faptul că EEPROM-ul fizic este citit folosind 2 funcții. Prin urmare, ajungem în situația de adăuga în Trace32 2 variabile.

```
testcode = (
  (FirstParameter = 104, Timestamp = 4138932017, SystemTimer0_Duration = 2629950, ByteSize = 255),
  (FirstParameter = 171, Timestamp = 4139689247, SystemTimer0_Duration = 193650, ByteSize = 9),
  (FirstParameter = 14, Timestamp = 4139708742, SystemTimer0_Duration = 1230610, ByteSize = 124),
  (FirstParameter = 4, Timestamp = 4139832450, SystemTimer0_Duration = 219110, ByteSize = 13),
  (FirstParameter = 161, Timestamp = 4140277360, SystemTimer0_Duration = 305020, ByteSize = 21),
  (FirstParameter = 162, Timestamp = 4140309612, SystemTimer0_Duration = 254830, ByteSize = 17),
  (FirstParameter = 142, Timestamp = 4140339327, SystemTimer0_Duration = 525280, ByteSize = 48),
  (FirstParameter = 24, Timestamp = 4141360895, SystemTimer0_Duration = 194920, ByteSize = 10),
  (FirstParameter = 115, Timestamp = 4141384790, SystemTimer0_Duration = 624730, ByteSize = 61),
  (FirstParameter = 112, Timestamp = 4141454150, SystemTimer0_Duration = 144930, ByteSize = 4),
  (FirstParameter = 121, Timestamp = 4141468764, SystemTimer0_Duration = 385880, ByteSize = 68),
  (FirstParameter = 122, Timestamp = 4141508900, SystemTimer0_Duration = 90180, ByteSize = 8),
  (FirstParameter = 123, Timestamp = 4141518046, SystemTimer0_Duration = 114950, ByteSize = 14),
  (FirstParameter = 165, Timestamp = 4141529729, SystemTimer0_Duration = 98130, ByteSize = 10),
  (FirstParameter = 158, Timestamp = 4141541001, SystemTimer0_Duration = 81340, ByteSize = 6),
  (FirstParameter = 172, Timestamp = 4141551344, SystemTimer0_Duration = 160860, ByteSize = 5),
  (FirstParameter = 173, Timestamp = 4141677739, SystemTimer0_Duration = 291010, ByteSize = 20),
  (FirstParameter = 174, Timestamp = 4141710394, SystemTimer0_Duration = 413570, ByteSize = 36),
  (FirstParameter = 175, Timestamp = 4141751871, SystemTimer0_Duration = 386660, ByteSize = 33),
  (FirstParameter = 116, Timestamp = 4141825355, SystemTimer0_Duration = 561920, ByteSize = 53),
  (FirstParameter = 25, Timestamp = 4142118861, SystemTimer0_Duration = 1454060, ByteSize = 92),
  (FirstParameter = 109, Timestamp = 4142317238, SystemTimer0_Duration = 63030, ByteSize = 1),
  (FirstParameter = 5, Timestamp = 4142341125, SystemTimer0_Duration = 153360, ByteSize = 5),
  (FirstParameter = 156, Timestamp = 4142411671, SystemTimer0_Duration = 989030, ByteSize = 192),
```

Figura 3.2.9

În figura recent atașată, avem informațiile necesare și suficiente despre fiecare bloc în parte. De remarcat este că avem și ordinea exactă în care blocurile de memorie sunt citite de către microcontroler.

Punctăm faptul că prin FirstParameter ne este dat identifier-ul blocului de memorie EEPROM. Timestamp-ul reprezintă momentul în care s-a ajuns la blocul respectiv. SystemTimer0_Duration reprezintă perioada de timp a blocului cu pricina, după cum am spus și mai sus, măsurata în

nanosecunde. Pentru a avea durata de execuție, folosim modulul Timer0 al microcontrolerului folosit.

Toate informațiile recent ilustrate și dezbătute sunt furnizate de funcția DlsReadByIndexInit().

Țin să semnalez faptul că acestea nu sunt toate blocurile de memorie EEPROM citite prin această funcție. Sunt arătate doar primele blocuri. În total, avem 163 de blocuri.

Cu privire la cealaltă funcție, EepReadImmediate(), avem aceleași informații. De această dată, sunt alte blocuri.

```
testcodeIMM = (
  (FirstParameter = 15776, Timestamp = 4140396718, SystemTimer0_Duration = 665300, ByteSize = 40),
  (FirstParameter = 14648, Timestamp = 4140463405, SystemTimer0_Duration = 626140, ByteSize = 62),
  (FirstParameter = 14712, Timestamp = 4140526192, SystemTimer0_Duration = 882670, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 14800, Timestamp = 4140614594, SystemTimer0_Duration = 890240, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 14888, Timestamp = 4140703753, SystemTimer0_Duration = 889810, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 14976, Timestamp = 4140792866, SystemTimer0_Duration = 886380, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 15064, Timestamp = 4140881646, SystemTimer0_Duration = 888750, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 15152, Timestamp = 4140970650, SystemTimer0_Duration = 890230, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 15240, Timestamp = 4141059807, SystemTimer0_Duration = 882580, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 15328, Timestamp = 4141148204, SystemTimer0_Duration = 890510, ByteSize = 84),
  (FirstParameter = 15728, Timestamp = 4141249507, SystemTimer0_Duration = 137160, ByteSize = 20),
  (FirstParameter = 15752, Timestamp = 4141263331, SystemTimer0_Duration = 135790, ByteSize = 20),
  (FirstParameter = 10704, Timestamp = 4141328883, SystemTimer0_Duration = 132450, ByteSize = 2),
  (FirstParameter = 10720, Timestamp = 4141342258, SystemTimer0_Duration = 127470, ByteSize = 2),
  (FirstParameter = 10744, Timestamp = 4141964494, SystemTimer0_Duration = 131760, ByteSize = 2),
  (FirstParameter = 10736, Timestamp = 4142632778, SystemTimer0_Duration = 179100, ByteSize = 1),
  (FirstParameter = 15912, Timestamp = 4145020050, SystemTimer0_Duration = 182760, ByteSize = 8),
  (FirstParameter = 15896, Timestamp = 4149515039, SystemTimer0_Duration = 144600, ByteSize = 4),
  (FirstParameter = 11936, Timestamp = 4149529737, SystemTimer0_Duration = 317540, ByteSize = 26),
  (FirstParameter = 15952, Timestamp = 4149642695, SystemTimer0_Duration = 152120, ByteSize = 4),
  (FirstParameter = 0, Timestamp = 0, SystemTimer0_Duration = 0, ByteSize = 0),
  (FirstParameter = 0, Timestamp = 0, SystemTimer0_Duration = 0, ByteSize = 0),
  (FirstParameter = 0, Timestamp = 0, SystemTimer0_Duration = 0, ByteSize = 0),
```

Figura 3.2.10

După cum se ilustrează și în figură, aici avem un număr de 20 de blocuri. Cu toate aceste informații, o să reușim popularea completă a tabelului dorit.

Prin urmare, tabelul ajunge în următoarea formă, pentru blocurile citite prin intermediul funcției DlsReadByIndexInit():

ID bloc EEPROM	Durata de execuție (ns)	Durata de execuție (ms)	Timestamp (STM0)	Delta		Adresă	Dimensiune
104	2629950	2.62995	4138932017				255
171	193650	0.19365	4139689247	7.5723		0x2AF0	9
14	1230610	1.23061	4139708742	0.19495	EE_ADR_IDX_PAV_MEMOR	0x28C8	124
4	219110	0.21911	4139832450	1.23708			13
161	305020	0.30502	4140277360	4.4491			21
162	254830	0.25483	4140309612	0.32252			17
142	525280	0.52528	4140339327	0.29715			48
24	194920	0.19492	4141360895	10.21568			10
115	624730	0.62473	4141384790	0.23895			61
112	144930	0.14493	4141454150	0.6936			4
121	385880	0.38588	4141468764	0.14614			68
122	90180	0.09018	4141508900	0.40136			8
123	114950	0.11495	4141518046	0.09146			14
.	.	.	.	.			.
.	.	.	.	.			.
.	.	.	.	.			.
.	.	.	.	.			.
.	.	.	.	.			.
.	.	.	.	.			.
Total duration	83021270	83.02127		109.328			

Figura 3.2.11

Pentru bloucrile citite prin intermediul funcției EepReadImmediate(), tabelul ajunge în următoarea formă:

ID bloc EEPROM	Durata de execuție (ns)	Durata de execuție (ms)	Timestamp (STM0)
15776	665300	0.6653	4140396718
14648	626140	0.62614	4140463405
14712	882670	0.88267	4140526192
14800	890240	0.89024	4140614594
14888	889810	0.88981	4140703753
14976	886380	0.88638	4140792866
15064	888750	0.88875	4140881646
15152	890230	0.89023	4140970650
15240	882580	0.88258	4141059807
15328	890510	0.89051	4141148204
15728	137160	0.13716	4141249507
15752	135790	0.13579	4141263331
10704	132450	0.13245	4141328883
10720	127470	0.12747	4141342258
10744	131760	0.13176	4141964494
10736	179100	0.1791	4142632778
15912	182760	0.18276	4145020050
15896	144600	0.1446	4149515039
11936	317540	0.31754	4149529737
15952	152120	0.15212	4149642695
Total duration	10033360	10.03336	

Figura 3.2.12

Acestea fiind spuse, avem rezultatele indicate şi despre care am mai discutat şi anterior.

De toate acestea, ne-am folosit în implementarea finală a soluţiei şi anume:

- Pe core-ul 0, citirea datelor din EEPROM-ul fizic
- Pe core-ul 1, realizarea SOPC-ului şi citirea datelor din EEPROM-ul emulat

Totodată, în vederea rezultatelor obţinute, sunt deosebit de importante şi următoarele informaţii, pe care le citim cu ajutorul debugger-ului:

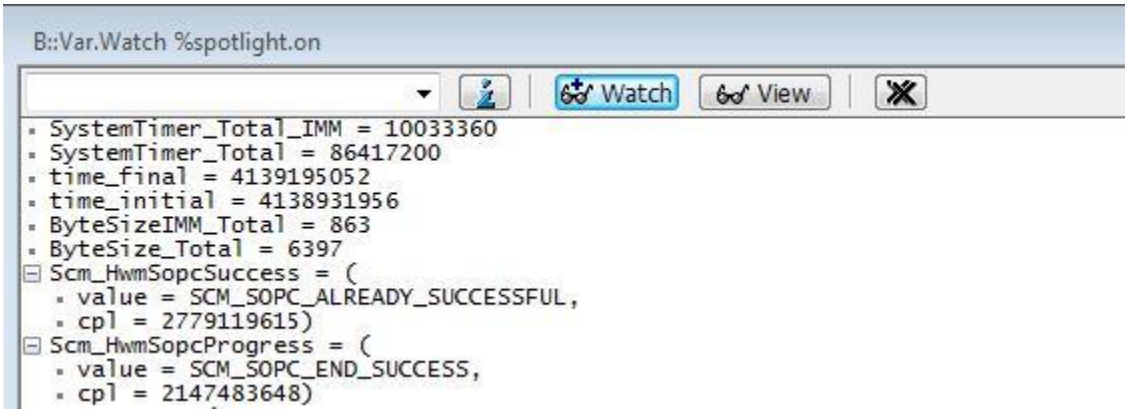


Figura 3.2.13

Pentru a obține rezultatele practice și ilustrate, am făcut măsurători folosind tool-ul CANape. Am luat o variabilă și anume initialization_time pe care am inițializat-o cu 0.

Cât timp se inițializează TCU-ul, această variabilă nu-și schimbă valoarea. Abia după ce task-ul de init se termină (aici se întâmplă citirea datelor din EEPROM-ul extern și emulat și salvarea lor în oglinda RAM aferentă + realizarea SOPC-ului), poate începe primul task prioritar și anume task-ul de 2.5 milisecunde. În acest moment, variabila initialization_time trece pe valoarea 1.

Prin acest procedeu, putem observa timpul în care s-a inițializat TCU-ul.

Schema care arată acest procedeu este:

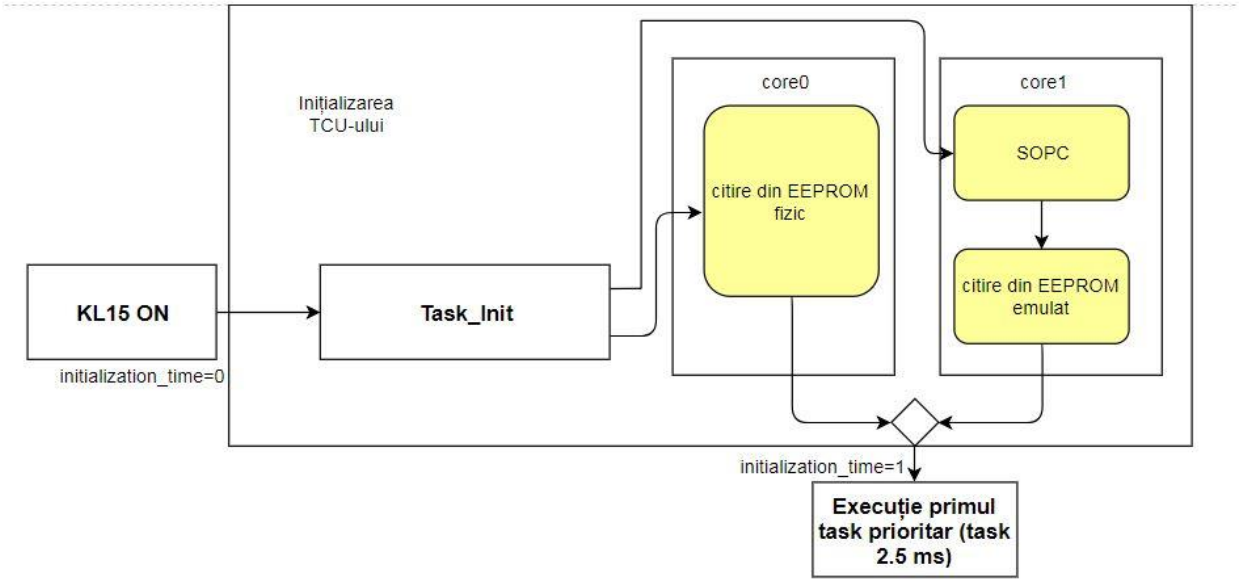


Figura 3.2.14

Astfel, folosind și punând în practică ce am spus mai devreme, o să obțin 2 rezultate conforme cu timpii de inițializare ai TCU-ului.

Prima figură se referă la timpul de inițializare al TCU-ului, timpul în care începe să reacționeze cu celelalte ECU-uri și componente ale mașinii, cu versiunea de soft inițială.

A doua figură reprezintă timpul de reacție al TCU-ului, cu modificările stabilite și gândite. Prin aceste figuri, se compară cele două variante, dar se și deduce timpul îmbunătățit, optimizat.

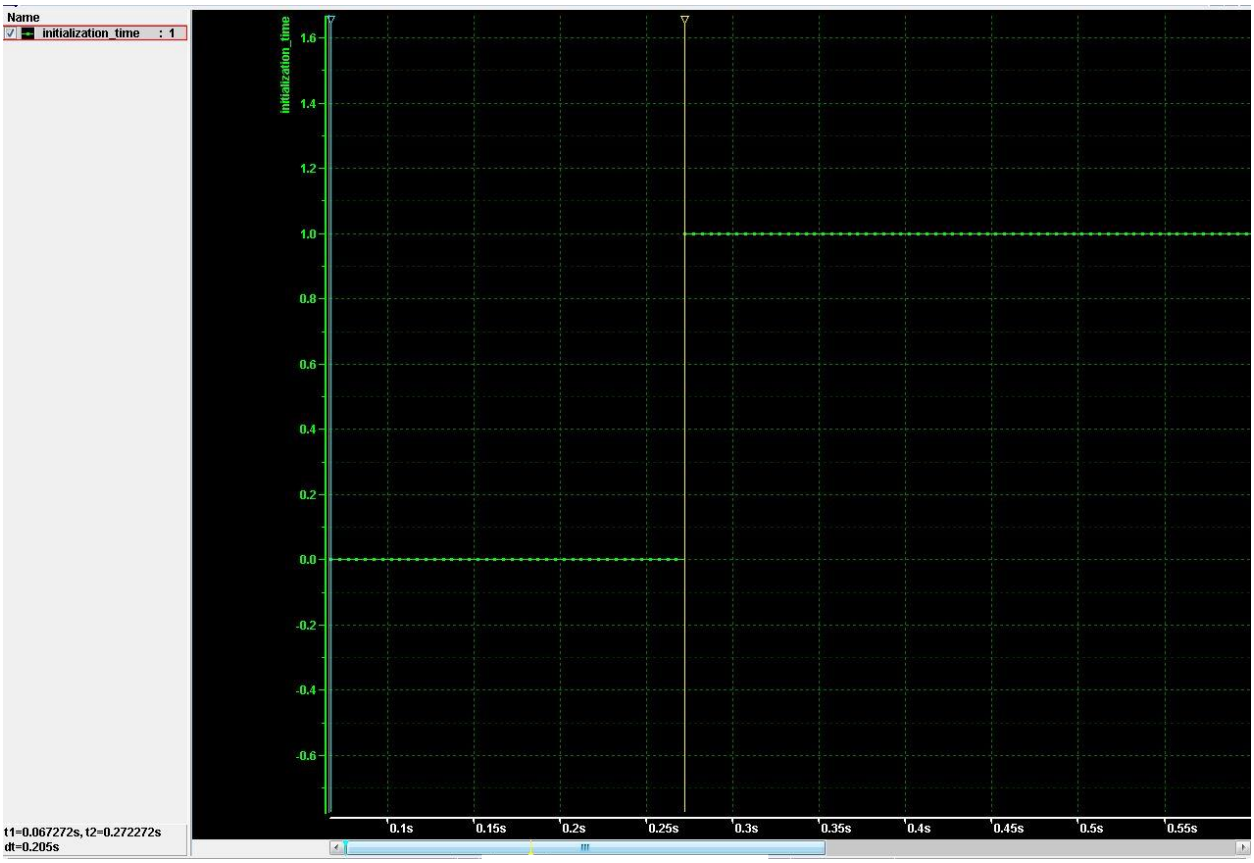


Figura 3.2.15

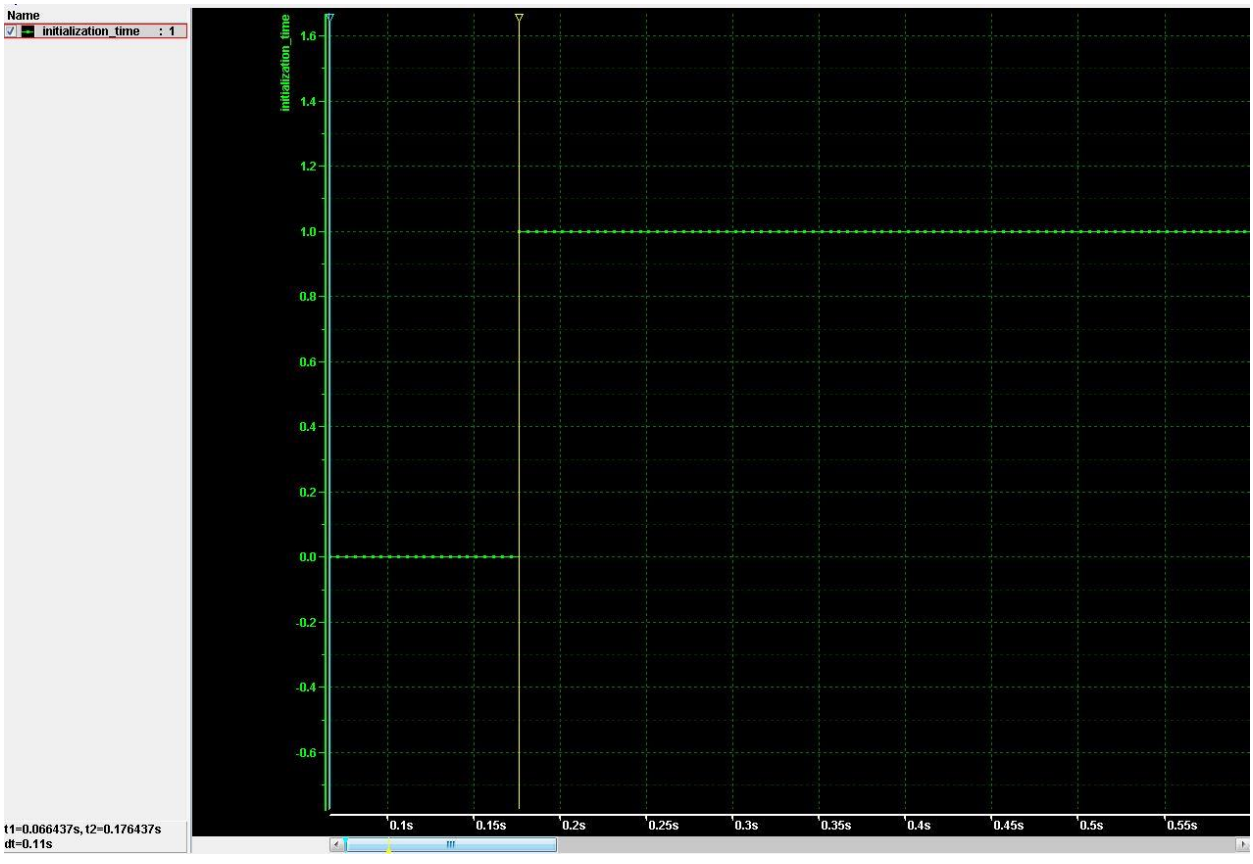


Figura 3.2.16

3.3 Unelte folosite în testare

CANape

Domeniul principal de aplicare al tool-ului CANape este optimizarea parametrizării (calibrării) unităților de control electronice. În timpul unui proces de măsurare, putem calibra și înregistra simultan semnale. Comunicarea între CANape și ECU se realizează prin intermediul unor protocoale precum XCP sau prin intermediul interfețelor specifice microcontrolerului cu hardware-ul VX1000.

CANape oferă acces de diagnostic, analiză bus și integrarea tehnologiei de măsurare analogică. Gestionarea datelor de calibrare și evaluarea convenabilă a datelor de măsurare, inclusiv raportarea, fac CANape un instrument complet pentru calibrarea ECU. Acesta este un tool modern dezvoltat pentru sistemul de operare Windows care a fost deja folosit cu succes de mulţi clienţi pentru testele funcţionale şi diagnoză în timpul programării controller-ului parameter set file (ECU). CANape are un editor integrat, ASAP2, care creează şi procesează baza de date a controller-ului, în care toate informațiile pot fi introduse şi schimbate în dialoguri. În fişierul ASAP2 este, de asemenea, posibilă actualizarea adreselor şi tipurilor de date.

În următoarea fază de dezvoltare CANape-ul ajută dezvoltatorul aplicaţiei să optimizeze algoritmii de control. Pentru a facilita munca inginerilor aplicaţiei, au fost implementate numeroase funcţii importante pentru accesul la date, analiză, vizualizarea şi îndrumarea operatorului.

1. CANape oferă elemente de control manuale, uşor de accesat , pentru calibrarea parametrilor. Valorile acestor parametrii pot fi introduse sau afişate în format alfanumeric (textual), iar cele cu o structură mai complexă pot fi, de asemenea, selectiv, afişate în diferite tipuri de reprezentări grafice (exp. Reprezentarea unei hărţi 3D)
2. Sunt oferite câteva posibilităţi de vizualizare diferite pentru afişarea datelor măsurate curent. Spre exemplu, valorile măsurate pot fi afişate alfanumeric în fereastră, numeric sau grafic pe ecranul osciloscopului.
3. Datele obţinute sunt stocate, daca este nevoie, pe hard disk, pentru ca mai târziu să poată fi analizate în laboratorul de dezvoltare sau să fie exportate în diferite formate pentru evaluări mai amănunţite cu alte tool-uri. Volumul de date poate fi limitat la rezultatele relevante cu ajutorul condiţiilor de declanşare.
4. CANape oferă funcţii complete pentru a salva fişierele cu parametrii (economisind

hard disk-ul), să reactiveze mulţimile de parametrii salvate în controler sau să compare fişirele cu parametrii între ele;

5. Modul în care este concepută interfaţa grafică a CANape-ului permite utilizatorilor să distribuie elementele de control pe diferite ecrane virtuale. Astfel, utilizatorul poate creea configuraţii complexe ale ecranului care să corespundă cerinţelor problemei.
6. În plus faţă de interfaţa controler-ului, CANape permite accesul la controler prin standardul ISO "Keyward Protocol 2000" (KWP2000).
7. Pot fi integrate tehnici de măsurare analogice externe specific industriei automotive şi de aceea, in plus faţă de datele interne de măsurare ale controlerului, pot fi memorate şi cantităţi de date analogice. Compania Vector Informatik GmbH pune la dispoziţia noastră propriile module de măsurare analogică pentru tensiune sau temperatură (VS 6xx Module).

Comunicarea dintre CANape şi controler poate fi vizualizată în fereastra de Trace la nivelul mesajului pe CAN. Limbajul de programare existent în CANape include câteva funcţii şi macrouri specifice diagnozei astfel încât utilizatorul poate programa proceduri complexe de testare a diagnozei.

Parametrii grafici sau numerici pot fi schimbaţi direct cu mouse-ul sau tastatura deoarece CANape-ul va transmite automat valorile actualizate la controler.

Figura 3.3.1

Trace32

Programarea și depanarea unui sistem integrat pune programatorul în fața unei sarcini dificile, deoarece de cele mai multe ori acesta nu oferă componente atât de utile pentru depanare, cum ar fi o tastatură, monitor, hard disk-uri sau interfețe similare.

Ideea de bază a unui On Circuit Debugger (OCD) sau a unui Back Ground Debug Module este de a realiza un fel de fereastră pentru un sistem embedded. ODC-urile sunt tool-uri care realizează conexiunea dintre un terminal sau un PC cu un sistem embedded, și care facilitează în mare masură procesul de depanare.

Dezvoltatorul se folosește de acestea pentru a încărca programul în memoria dispozitivului dorit (obiectul în care trebuie încărcat: terminal, PC), executa și apoi pentru a merge pas cu pas prin cod.

În timpul acesta, datele utilizate de program pot fi observate și analizate, astfel putând fii excluse posibile erorii ale software-ului.

Figura 3.3.2

Programarea și depanarea obiectivului se face cu In-Circuit-Debuger LA-7708 a companiei Lauterbach.

Tricore este echipat cu un sistem de depanare On-Chip-Debug-System (OCDS), care realizează depanarea unui proces hardware conform descrierii de mai sus. Pe dispozitivul gazdă rulează între timp programul, în cazul nostru Trace32, care într-o direcție comunică cu depanatorul, iar în cealaltă direcție cu OCDS-ul. ICD-ul acționează ca un fel de convertor de protocol pentru a permite comunicarea între componente.

În următoarea figură putem vedea interfaţa cu utilizatorul a programului Trace32:

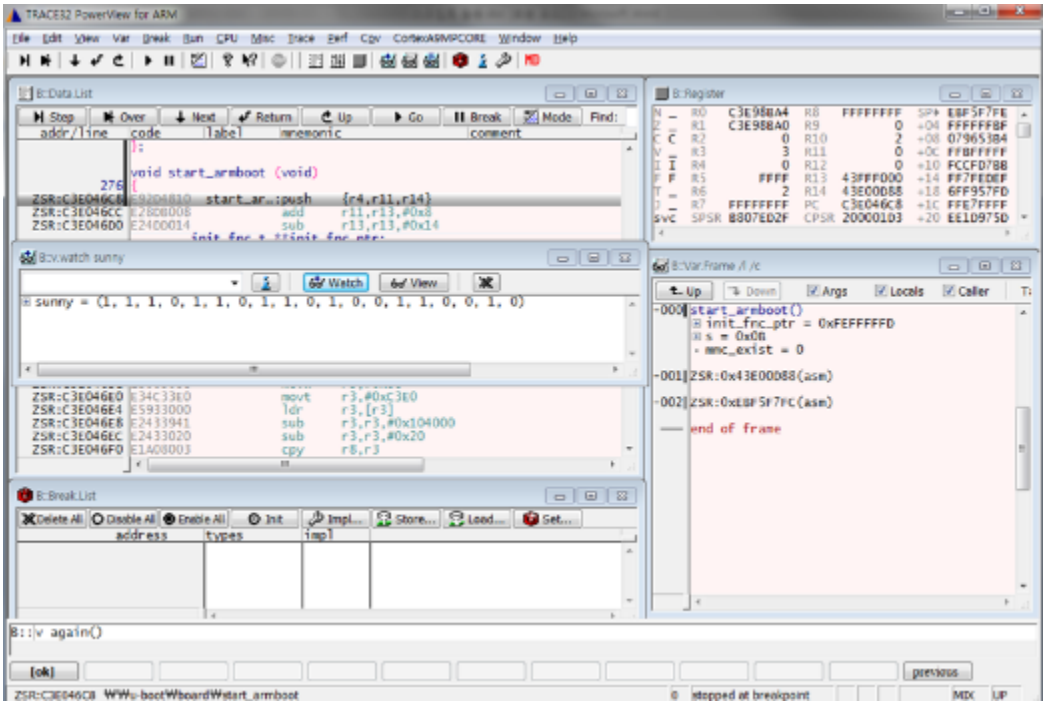


Figura 3.3.3

CANalzyer

CANalyzer este instrumentul software cuprinzător cu o operare intuitivă pentru analiza și stimularea comunicării prin magistrale. Se utilizează CANalyzer pentru a verifica dacă și ce tip de comunicare are loc pe magistrala.

Acesta poate fi, de asemenea, utilizat pentru a trimite sau înregistra date. Pentru fiecare aplicație oferă funcții de bază puternice pentru începători, precum și funcții mai ample pentru utilizatorii experimentați.

Pe lângă domeniul său principal de aplicare, care este rețeaua electronică în vehicul în industria automobilelor, CANalyzer este de asemenea utilizat în multe alte industrii, cum ar fi transportul feroviar, vehiculele grele, vehiculele speciale, avionica, tehnologia medicală și multe altele. Noile tehnologii bazate pe arhitecturi IP din industria automobilelor sunt susținute de CANalyzer.

În cadrul proiectului nostru, CANalzyer simulează celelalte componente din maşină, pentru ca **TCU**-ul să comunice pe magistrală.

În ceea ce priveşte interfaţa tool-ului, avem un script prin care putem manipula şi modifica diverse funcţionalităţi care să ne ajute la realizare testelor aferente.

De punctat este faptul că se poate simula starea unui semnal, prin scriere de cod. Astfel, vom putea folosi un semnal anume cu o valoare care să ne ajute.

Interfaţa cu utilizatorul a tool-ului CANalyzer:

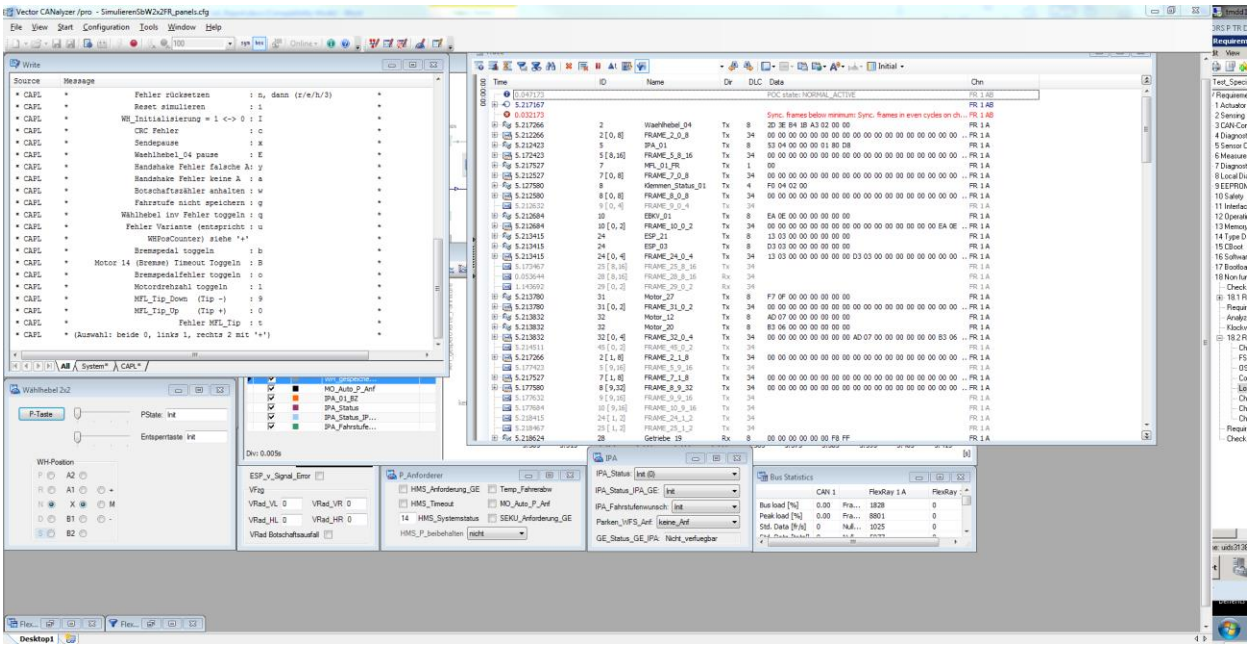


Figura 3.3.4

Diagra

Este o unealtă deosebit de importantă. Cu ajutorul Diagra, putem flashui codurile cu modificările dorite pe **TCU.**

Totodată, în cadrul acestui tool, se pot obţine informaţii clare şi concrete despre unitate de control respectivă. Aici, exemplificăm:

- Ultima versiune de software flashuită
- Starea de programare -> success sau insucces
- Data la care au fost scrise informaţiile
- Versiunea hardware a supplier-ului

4.Concluzii

De primă dată când am vorbit despre această posibilă şi dorită îmbunătăţire, mintea mea a fost foarte deschisă şi combativă. Mi-am dorit ca, prin munca depusă de mine, să îmi pun cu adevărat amprenta asupra funcţionării maşinilor Audi. Prin ambiţie şi prin gândul că aş putea să fac ceva cu adevărat de folos, am început treaba. Astfel, pentru început, am încercat să îmi dau seama exact de ceea ce îşi doreşte clientul.

Foarte entuziasmat de toate aceste gânduri, am trecut la treabă.

După primele măsurători şi după o implementare naturală, rezultate nu au fost cele scontate. Însă, am continuat documentarea, investigarea, măsurarea şi implementarea de soluţii posibile.

În cadrul dezoltării şi implementării proiectului meu de diplomă, am întâmpinat destul de multe probleme. Aici aş vrea să nominalizez următoarele:

- Familiarizarea cu microcontrolerul existent, prin citirea documentaţiei
- Descoperirea întregului proces de iniţializare al **TCU**-ului
- Documentarea despre **Switch off path check**
- Dobândirea cunoştinţelor în materie de EEPROM emulat
- Implementarea interfeţei SPI, astfel încât să pot folosi simultan cele 2 core-uri

Având în vedere toate aceste lucruri exprimate anterior, procesul a fost unul destul de lung. Dar, ştim cu toţii că misiunea unui inginer este de a gândi limpede şi corect spre rezolvarea problemelor.

Păşind pe un teren nou, cu multe necunoscute, orice lucru pe care l-am descoperit de la zi la zi a fost doar în beneficiul şi în avantajul meu.

Dacă la început, tentaţia mea (şi probabil a multor altor persoane), a fost să încep împărţirea blocurilor de memorie citite din EEPROM-ul fizic pe cele 2 core-uri stabilite spre folosire, pe parcurs am realizat că nu este o ideea prea bună şi benefică.

Când am trecut la împărţirea la propriu a blocurilor de memorie, m-am lovit de o problemă foarte mare. Practic, SPI-ul pentru un acelaşi job şi anume citirea blocurilor de memorie din EEPROM-ul fizic, trebuia să permită citirea blocurilor când pe un core, când pe altul. Prin urmare, intervenea procesul de arbitrare pe magistrala SPI.

Având în vedere că dispunem şi de EEPROM fizic, constituit de chipul din cadrul **TCU**-ului, dar şi de EEPROM emulat, se desprinde întrebarea de ce? De ce ambele variante, de ce nu doar una?

Din punctul meu de vedere, luând parte la mai multe şedinţe şi discuţii, în viitorul apropiat cred că se urmăreşte trecerea completă spre EEPROM-ul emulat.

Având în vedere soluţia adoptată şi rezultatele obţinute, sunt de părere că o uşoară împărţire din calupul de date provenite din EEPROM-ul fizic ar genera un timp şi mai mic. Însă, cu aceste rezultate, eu mi-am îndeplinit cerinţele clientului şi am optimizat timpul de iniţializare al **TCU**-ului.

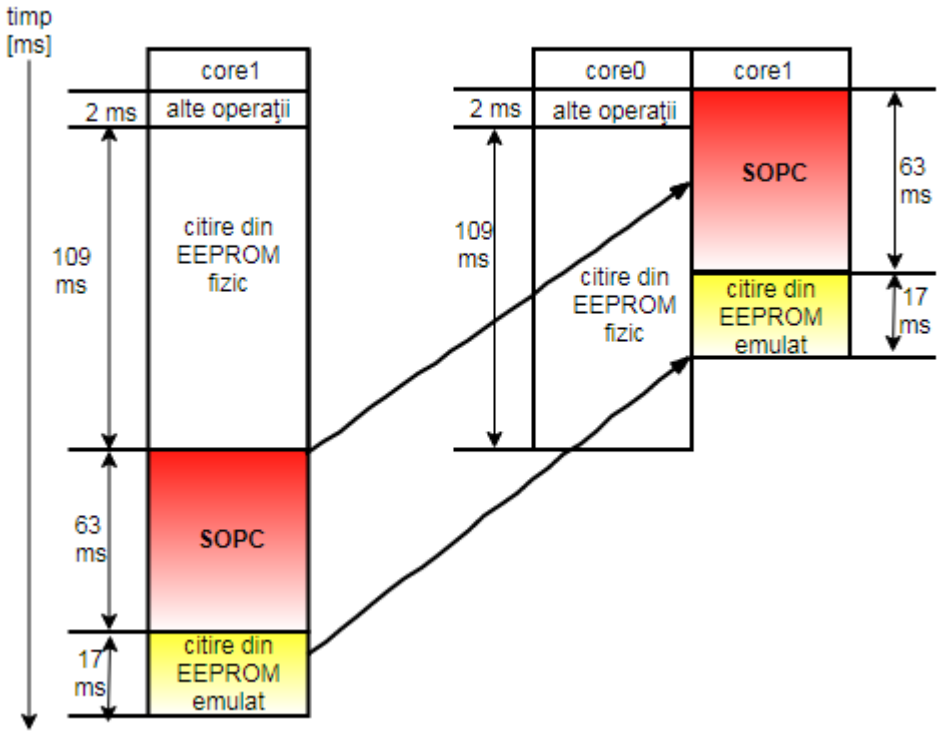


Figura 4.1

Direcţia de dezvoltare propusă de mine, pentru a îmbunătăţi şi mai mult timpul necesar iniţializării se referă la împărţirea "deficitului" de 30 de milisecunde pe cele două core-uri. Spun acestea deoarece pe core-ul 0, după ce soluţia a fost implementată avem aproximativ 111 milisecunde, iar în partea cealaltă undeva spre 80 milisecunde. Printr-un calcul simplu, teoretic aş putea să ajung la un timp de 95.5 milisecunde pe fiecare dintre cele 2 core-uri.

Însă, după cum bine se ştie, în practică nu stau lucrurile identic cu teoria. Sunt de părere că ar fi aproape imposibil un echilibru absolut perfect. Însă, cu toate acestea, rămâne o idee bună spre o dezvoltare ulterioară.

Ţin să menţionez faptul că nu am ştiut exact la început ce voi face cu adevărat şi cât timp o să salvez. Astfel, privind cerinţele clientului, care-şi dorea o reducere cu cel puţin 50 de milisecunde, am început să gândesc soluţii şi mai apoi să le implementez.

În final, pot să spun că mi-am îndeplinit ce mi-am propus să realizez în cadrul iniţial.

5.Bibliografie

1.Introducere

[1]- Ramadasu, T., "Trends in Automotive Remote Diagnosis", 2005

[2]-***, http://oica.net/category/production-statistics/

[3]-***, https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AURIX-TC275T-TC277T-PB-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d4625696ed7601569796b6891fd1

[4]- lenz14_02_01_Audi_Schoeffmann_dt_1_19.pdf, documentație internă Continental Automotive SRL

[5]- TC1784_DS_v071.pdf, documentație internă Continental Automotive SRL

[6]- TC27x_bare_ts_v1.0D2.pdf, documentație internă Continental Automotive SRL

[7]- www.silver-atena.de/en/products/simulators/flexray-gateway

[8]- https://vector.com/vi_canape_en.html

2.Proiectare și implementare

[9]-documentaţie internă Continental Automotive (cerinţele despre cum trebuie analizat şi implementat task-ul)

[10]- https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26262:-5:ed-1:v1:en –Versiunea completă oferită de Continental Automotive S.R.L

3.Testare

[11]- https://vector.com/portal/medien/cmc/info/CANape_ProductInformation_EN.pdf

[12]- https://vector.com/vi_canalyzer_en.html

[13]- https://www.rac.de/en/automotive-products/software/diagnostics/diagra-d/

Lista figurilor

1.1.1-Componentele electronice ale maşinii

1.2.1-Sistemele unui automobil

1.3.1-Locaţia TCU-ului într-o maşină

1.3.2-Comunicarea TCU-ului cu celelalte componente

1.4.1-Tracţiune spate

1.4.2-Tracţiune faţă

1.4.3-Tracţiune integrală

1.4.4-Ambreiaj

1.4.5-Raport de transmisie

1.4.6-Cutie cu variaţie continuă

1.4.7-Cutie automată

1.4.8-DCT (Double Clutch Transmission)

1.5.1-Magistrala CAN

1.6.1-Schema logică a microcontrolerului TC1784

1.6.2-Schema bloc a microcontrolerului TC1784

1.7.1-Schema logică a microcontrolerului Aurix TC277

1.7.2-Schema bloc a microcontrolerului Aurix TC277

1.8.1-Interfaţa SPI

2.1-Citire EEPROM fizic

2.2-Soluţie pentru citirea din EEPROM fizic

2.3-Salvarea datelor din EEPROM în oglinda RAM

2.4-Iniţializarea actuală a TCU-ului

2.5-Soluţie de îmbunătăţire a timpului

3.1.1-Schemă testbench

3.2.1-Flashuirea pe CAN/FlexRay

3.2.2-Selecţia informaţiilor despre TCU

3.2.3-Vizualizarea informaţiilor despre TCU

3.2.4-Comunicaţia cu ECU-urile

3.2.5-Caracteristici de flashuire TCU

3.2.6-Opţiuni de flashuire

3.2.7-Procesul de flashuire

3.2.8-Structură tabel

3.2.9-Informaţii provenite din DlsReadByIndexInit

3.2.10-Informaţii provenite din EepReadImeediate

3.2.11-Tabel de informaţii DlsReadByIndexInit

3.2.12-Tabel de informaţii EepReadImeediate

3.2.13-Informaţii debugger

3.2.14-Schema procesului de inţializare al TCU-ului

3.2.15-Rezultate cu soluţia iniţială

3.2.16-Rezultate cu soluţia implementată

3.3.1-Interfaţă CANape

3.3.2-Debugger Trace32

3.3.3-Interfaţă Trace32

3.3.4-Interfaţă CANalyzer

4.1-Soluţie de îmbunătăţire a timpului

Lista prescurtărilor

TCU-Transmission Control Unit

EEPROM-Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

RAM-Random Access Memory

SOPC-Switch Off Path Check

SPI-Serial Peripheral Interface