

---

## Cuprins

<b>1. Introducere .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Studiul actual –fundametare teoretică .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Motoare electrice. ....</b>	<b>4</b>
Motoarele de curent alternativ.....	4
Motoare de curent continuu .....	6
<b>2.2 Controlul unui motorului .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. Invertoare.....</b>	<b>15</b>
Invertoare trifazate pentru comanda motoarelor BLDC.....	16
<b>2.4 Integrate Infineon BTN8962TA .....</b>	<b>19</b>
Funcții de protecții pentru integratul BTN8962TA .....	21
Specificații electrice.....	23
Partea de putere a circuitului BTN7960 .....	23
Timpii de comutație pentru BTN7960.....	27
Control și diagnoză pentru BTN7960.....	29
<b>3.Detectorul de metale.....</b>	<b>33</b>
<b>3.1. Generalități .....</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Principiul de functionare .....</b>	<b>33</b>
<b>4.Senzorii cu ultrasunete.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Caracteristici generale .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.Principiul de funcționare al senzorului cu ultrasunete.....</b>	<b>39</b>
<b>5. Procesare de imagini .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1Mediul de dezvoltare .....</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Pași algoritm .....</b>	<b>48</b>
<b>5.3 Transmiterea datelor spre robot.....</b>	<b>51</b>
<b>6 Proiectarea circuitelor și a cablajelor.....</b>	<b>53</b>
<b>6.1 Mediul de dezvoltare .....</b>	<b>53</b>
<b>6.2 Invertorul trifazat pentru comanda motoarelor .....</b>	<b>55</b>
<b>6.3 Detector de metale .....</b>	<b>61</b>
<b>6.4 Pașii pentru realizarea unui cablaj imprimat.....</b>	<b>65</b>
<b>7. Concluzii.....</b>	<b>69</b>
<b>Bibliografie.....</b>	<b>70</b>
<b>Anexe .....</b>	<b>70</b>

## 1. Introdurre

Dezvoltarea acestui proiect a plecat de la cerințele competiției anuale Electro Mobility, Continental.

Pentru a atinge tot ce ne-am propus în cadrul acestui proiect, membrii echipei noastre (Răzlog Beatrice-Nicoleta, Azoitei Vlad si Ilies Florin-Daniel ) și-a împărțit sarcinile astfel:

- Partea de mecanică , hardware (șasiu, design, motoare, inverteoare, proiectare circuite, cablaj )- Beatrice Răzlog
- Pe partea de dezvoltare software , microcontroler- Vlad Azoiței
- Partea de comunicație om-mașină, interfața grafică –Ilies Florin-Daniel

Acest proiect în ansamblu, dezvoltă o posibilă implementare a unui robot care poate parcurge în mod autonom un traseu, prin evitarea obstacolelor cu ajutorul senzorilor cu ultrasunete sau a camerei web, un control a acestuia de la consola de pe un calculator sau de pe un SmartPhone si cu o interfață grafică care oferă detalii utile pentru utilizator, transmiterea informațiilor de la robot la calculator fiind realizată prin bluetooth.

Ce poate realiza acest robot poate fi aproape de ceea ce putem privi în continuă dezvoltare pe partea de robotică, pentru a veni în ajutorul omului.

În dezvoltarea proiectului s-a realizat următoarele: O comandă a motoarelor de curent continuu fără perii colectoare cu ajutorul unor invertore trifazate dezvoltate de noi, comanda software atât pentru direcție cât și pentru tracțiune cu PIC18F4431, orientarea, detecția și evitarea obstacolelor cu ajutorul senzorilor cu ultrasunete precum și urmărirea unui traseu după anumite inscripții cu ajutorul unei camere web, implementarea protecției la blocarea roților și la ridicare, detecția unui metal pentru a opri funcționarea motoarelor, o monitorizare a bateriei, vizualizarea parametrilor și controlul manual al mașinii prin interfața grafică precum și realizarea unei comunicații Bluetooth pentru schimbul de informații între mașină și consolă. Aceste lucruri au putut fi atinse printr-o bună organizare și comunicare a echipei.

În această parte a lucrării s-a dezvoltat partea de hardware a proiectului prin îmbinarea legăturilor din partea de comandă software și mecanică a robotului.

////////////////////////////////////

---

## 2. Studiul actual –fundametare teoretică

### 2.1 Motoare electrice. .

Un motor electric (sau electromotor) este un dispozitiv electromecanic ce transformă energia electrică în energie mecanică. După tipul curentului electric ce le parcurge motoarele electrice pot fi clasificate:

- motoare de curent continuu și
- motoare de curent alternative

După numărul fazelor curentului cu care funcționează, motoarele electrice pot fi:

- monofazate sau
- motoare trifazate

Motoarele electrice sunt construite într-o gama extinsă de puteri fiind astfel folosite la foarte multe aplicații de la motoare pentru componente electronice până la acționări electrice de puteri mari. Răspândirea acestora se datorează și datorită prețului redus și modului de comandă relativ simplu.

Indiferent de tipul motorului, acesta este construit din două părți component: *stator* și *rotor*. **Statorul** este partea fixă a motorului în general exterioară, iar **rotorul** este partea mobilă a motorului, plasată de obicei în interior. Între cele două există o porțiune de aer numită **întrefier** ce permite mișcarea rotorului față de stator. Grosimea întrefierului ne indică performanțele motorului.

### Motoarele de curent alternativ

Funcționează pe baza principiului câmpului magnetic învartitor. Acestea se pot clasifica în două categorii principale:

- Motoare asincrone

Mașinile electrice asincrone sunt cel mai des întâlnite în acționările cu mașini de curent alternative. O caracteristică a acestora este faptul că viteza de rotație este puțin diferită de viteza

---

câmpului învârtitor, de unde și numele de **asincrone**. Cel mai întâlnit regim de funcționare a mașinilor asincrone este de motor (mai poate funcționa în regim de generator).

La motoarele asincrone viteza scade puțin cu sarcina iar din acest motiv caracteristica lor mecanică se numește caracteristică tip derivație. Acestea se folosesc în acționările în care se cere ca turația să nu varieze cu sarcina: mașini-unelte obișnuite, ventilatoare, unele mașini de ridicat, ascensoare și așa mai departe.

Avem motoare asincrone:

- trifazate și
- monofazate.

### Motoare sincrone

La motorul sincron statorul avem o înfasurare alimentată în curent alternativ, iar rotorul, cu o înfasurare de excitație alimentată în curent continuu. Caracteristica principală a motorului sincron este aceea că viteza rotorului este constantă, indiferent de sarcină (pentru aceeași frecvență a rețelei). Motorele sincrone se folosesc acolo unde nu este nevoie de variație a vitezei de rotație, de exemplu la: convertizoare de mare viteză, compresoare, ventilatoare și așa mai departe.

Avem trei tipuri de motoare sincron

- monofazat,
- trifazat și
- motoare pas cu pas.

Motorele sincron monofazate se folosesc în general în acționări electrice de puteri mici precum sistemele de înregistrare și redare a sunetului și imaginii.

Motorul sincron trifazat este folosit la acționări electrice de puteri mari și foarte mari, de până la zeci de MW. (megawați)

Motorele pas cu pas se folosesc acolo unde este necesară precizie ridicată (hard disc, copiatoare)

---

## Motoare de curent continuu

Motoarele de curent continuu sau motoarele DC au o arie de răspândire destul de mare. Acest lucru se datorează în mare parte simplității cu care pot fi comandate și prețului relativ mic.

Motorul de curent continuu are pe stator polii magnetici și bobinele polare concentrate care creează câmpul magnetic de excitație.

Pe axul motorului este situat un colector ce schimbă sensul curentului prin înfasurarea rotorică astfel încât câmpul magnetic de excitație să exercite în permanentă o forță față de rotor.

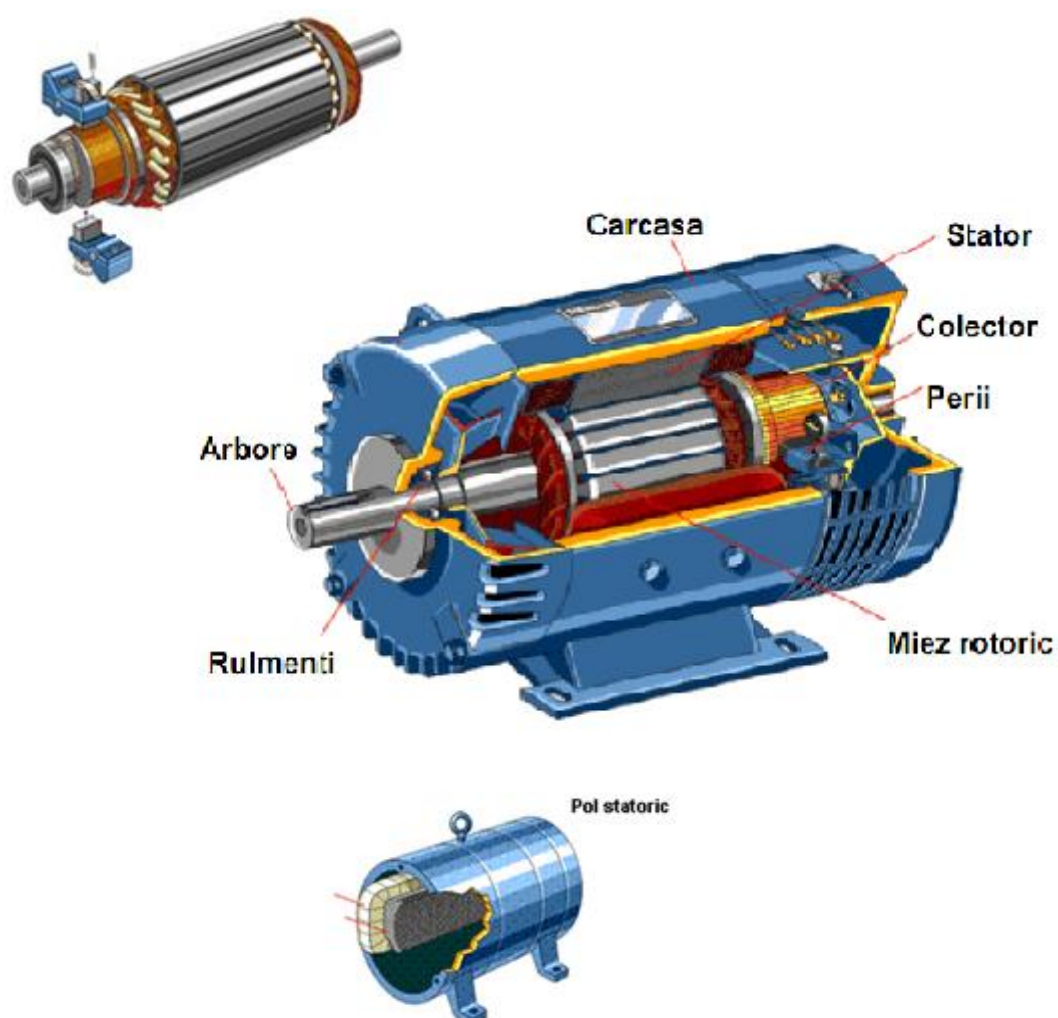


Figura 1 – Motor DC

În funcție de modul de conectare a înfășurării de excitație motoarele de curent continuu pot fi clasificate în:

- **motor cu excitație independentă** - unde înfășurarea statorică și înfășurarea rotorică sunt conectate la două surse separate de tensiune
- **motor cu excitație paralelă** - unde înfășurarea statorică și înfășurarea rotorică sunt legate în paralel la aceeași sursă de tensiune
- **motor cu excitație serie** - unde înfășurarea statorică și înfășurarea rotorică sunt legate în serie
- **motor cu excitație mixtă** - unde înfășurarea statorică este divizată în două înfășurări, una conectată în paralel și una conectată în serie.

În figura următoare se pot observa modurile de conectare a înfășurărilor :

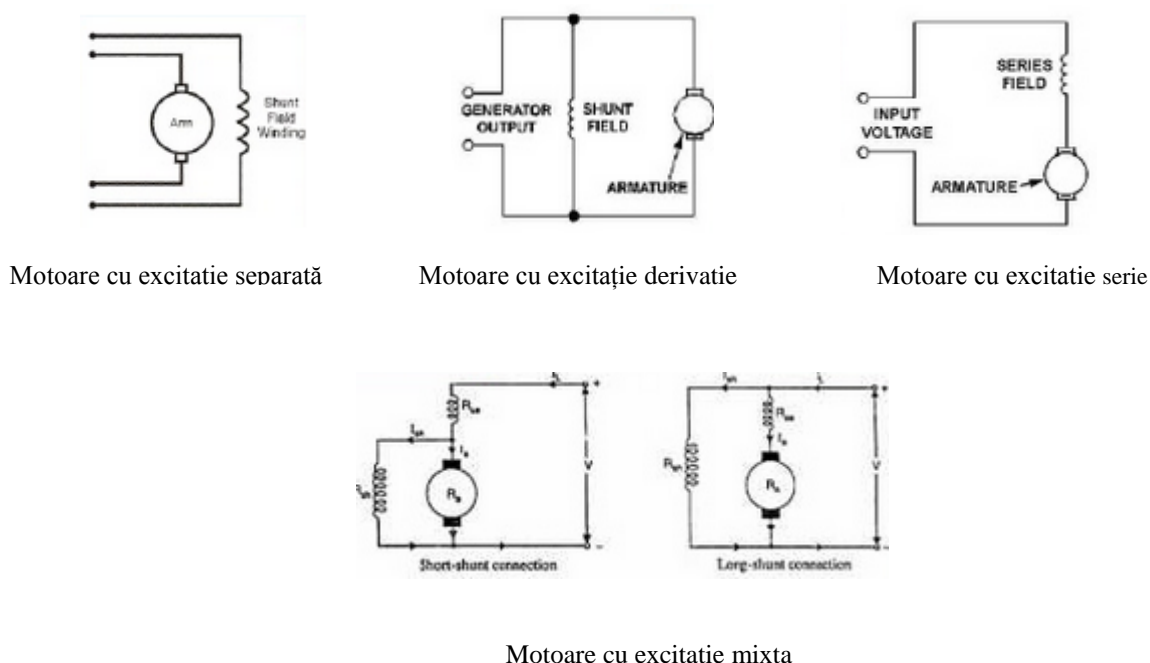


Figura 2 - Tipuri de motoare DC

Statorul generează un câmp magnetic staționar care înconjoară rotorul.  
Statorul generează acest câmp magnetic fie cu ajutorul unor magneți permanenți, fie cu ajutorul unor înfășurări electromagnetice.

Rotorul are un ax pe care se pot găsi una sau mai multe înfășurări. Când

---

înfășurările sunt alimentate produc un câmp magnetic. Polii magnetici ai câmpului generat de rotor vor fi atrași de polii magnetici opuși ai câmpului generat de stator, astfel apărând mișcarea de rotație. Pentru ca mișcare de rotație să fie continuă, înfășurările rotorului trebuie alimentate după o anumită secvență. Această secvență poartă numele de comutație.

Motoarele de curent continuu pot fi grupate în:

- Motoare de curent continuu cu perii colectoare(**brushes DC motor- BDC**)
- Motoare electrice de curent continuu fără perii colectoare ( în engleză Brushless DC electric motor, prescurtat **BLDC** motor)

### **Motoarele de curent continuu cu perii colectoare:**

Motoarele cu perii au fost prima cerere importantă pentru a conduce sarcini mecanice și sistemele de distribuție de curent continuu. Acestea au fost folosite pentru mai mult de o sută de ani pentru a opera motoare în clădirile comerciale și industriale. Motoare de curent continuu cu perii pot varia în viteză prin modificarea tensiunii de operare sau intensitatea câmpului magnetic. În funcție de conexiunile câmpului la sursa de alimentare, caracteristicile de viteză și cuplu de la un motor cu perii poate fi modificat pentru a oferi viteză constantă sau de a accelera invers proporțională cu sarcina mecanică. Motoarele cu perii sunt utilizate pentru propulsie electrice, macarale, mașini de hârtie și fabricile de oțel de rulare și așa mai departe.

### **Motoare de curent continuu fără perii colectoare (BLDC)**

Motorul de curent continuu fără perii (fără colector, este un motor electric de curent continuu, la care comutația căilor de curent necesară învârtirii rotorului se realizează electronic.

Motoarele BLDC sunt un derivat al motorelor DC cele mai frecvent utilizate, motor de curent continuu cu perii, împărțând aceeași cuplu și caracteristici ale curbei de performanță de viteză.

BLDC-urile au fost proiectate pentru a înlocui subsistemul de comutație electro-mecanic din motoarele DC cu perii convenționale (BDC). Într-un motor de curent continuu cu perii colectoare , ansamblul motor conține un comutator fizic care se deplasează prin intermediul periei reale, în scopul de a muta rotorului. Cu un motor BLDC, puterea curentului electric este dat de un magnet permanent care determină motorul să se miște, astfel încât nu este necesar un comutator fizic.

Este alegerea ideală pentru aplicații care necesită fiabilitate ridicată, de înaltă eficiență, și raportul de mare putere-volum. În general, un motor BLDC este considerat a fi un motor de înaltă performanță, care este capabil de a furniza cantități mari de cuplu pe o plajă largă de viteză.

Avantajele utilizării BLDC față de BDC sunt înfășurări cu mai mare siguranță, mentenanță, zgomot și emisii electromagnetice mai reduse și o mai mare putere pe unitate de volum cauzată de o eficiență termică mai mare a celor silențioase.

Voi prezenta în tabelul următor o scurtă comparație între motoarele DC cu perii și BLDC-uri.

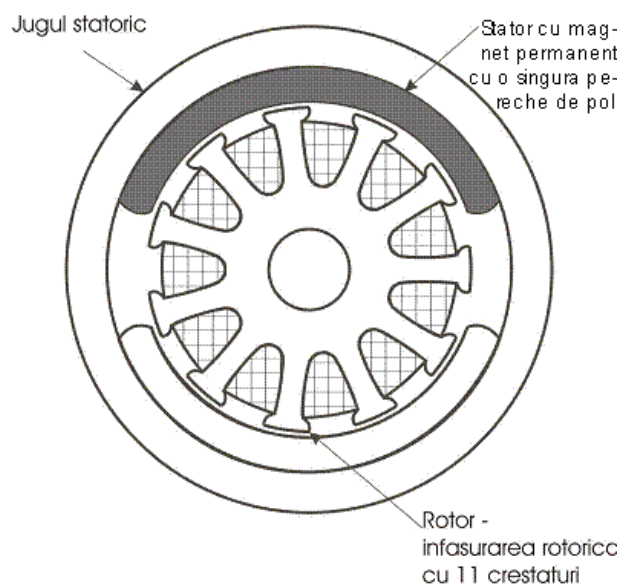
	<b>Motoare de c.c. cu perii</b>	<b>Motoare de c.c. fără perii</b>
<b>Tipul comutatoarelor</b>	Mecanice	Electrice (invertoare + senzori de poziție)
<b>Dimensiuni</b>	Mari	Reduse
<b>Întreținere</b>	Periodică	Minimă
<b>Domeniul de puteri</b>	Mari	Mici
<b>Viteza maximă</b>	Mică	Mare
<b>Controlul vitezei</b>	Simplu	Complex
<b>Densitate de putere</b>	Redusă	Mare
<b>Moment de inerție</b>	Mare	Mic
<b>Disiparea căldurii</b>	Slabă	Bună

Tabelul 1- *Comparație motoare DC cu perii și motoare DC fără perii-*

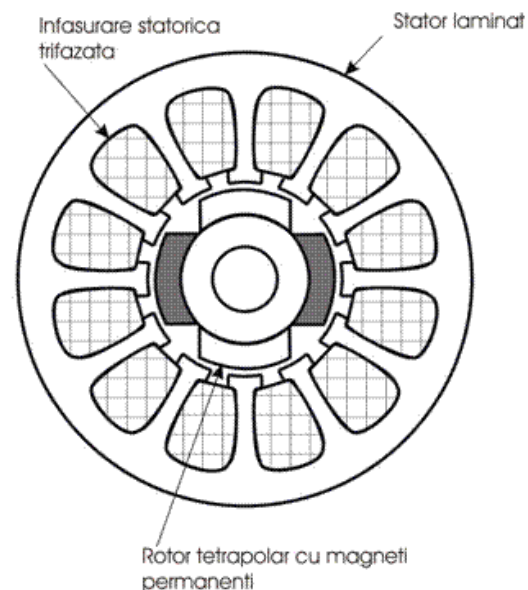
În funcție de poziția rotorului BLDC-urile se mai pot clasifica în :

- Cu rotor în exterior
- Cu rotor în interior





Secțiune transversală. Motor  
BLDC cu rotor exterior



Secțiune transversală.  
Motor BLDC cu rotor  
interior

Figura 3- Secțiuni transversale. Motor BLDC- clasificare după poziția rotorului

În dezvoltarea acestui proiect am folosit două motoare BLDC, inrunner (cu rotor în interior), atât pentru direcție cât și pentru tracțiune. În comparație cu motoarele outrunner (cu rotor în exterior), motoarele brushless inrunner sunt ideale pentru orice model care are nevoie de motor cu turatie ridicată. Dacă sunt dotate cu un reductor corespunzător, atunci ele acoperă toată gama de cerințe.

Specificatii ale motorului ales:

- Tensiune: 10 - 24 V
- Nr. celule Litiu pentru alimentare: 3 - 5
- Curent în sarcina: 31 A
- Curent maxim în sarcina: 34 A
- Turatie în gol: 2600 rpm/ V
- Tracțiune: aprox. 2450 g
- Dimensiuni: 28 x 45 mm
- Diametru ax: 4 mm

Aplicatiile tipice ale motoarelor brushless Inrunner : modele cu turbina, aeromodele de acrobatie, navomodele, automodele.

---

Reductoarele folosite au un raport de transmisie de 120:1.

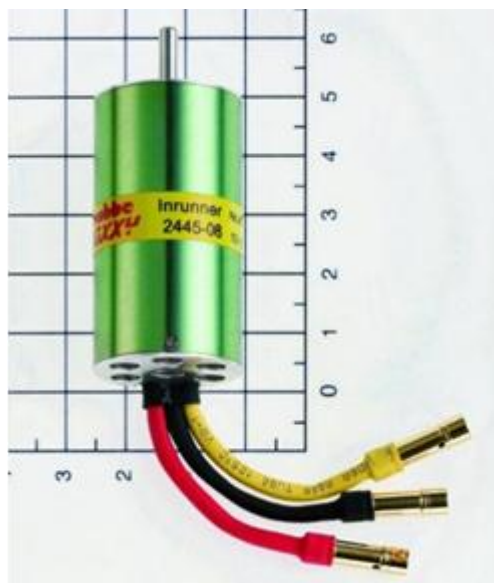


Figura 4 - *Motor BLDC, Inrunner*

---

## 2.2 Controlul unui motorului

Pentru controlul unui motor urmărim posibilitățile de funcționare .

a) Controlul motorului într-o singură direcție - folosit în aplicații în care siguranța este foarte importantă

Dacă dispunem de un circuit de comandă, de obicei realizat cu un microcontroler, alături de care este prezent și circuitul de amplificare cu un tranzistor, putem să comandăm motorul doar într-un singur sens astfel :

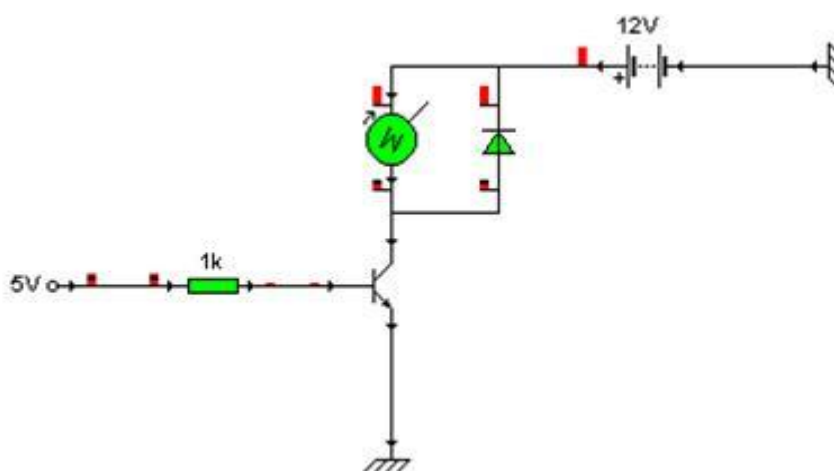


Figura 5 – Control motor într-un singur

b) Control în ambele sensuri: o schemă simplă și eficientă pentru comanda de acest fel este reprezentată de “puntea H” (în engleză H-bridge).

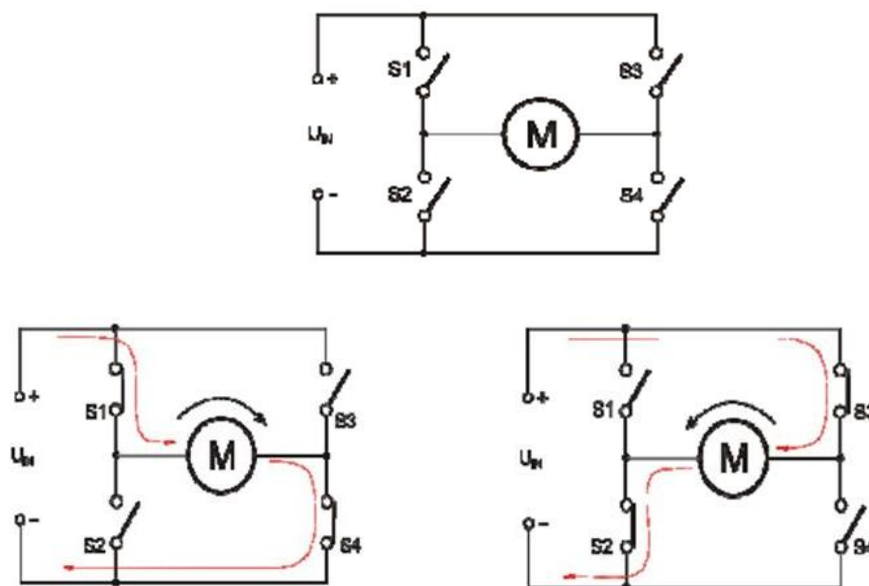


Figura 6.1 – Control motor în ambele sensuri

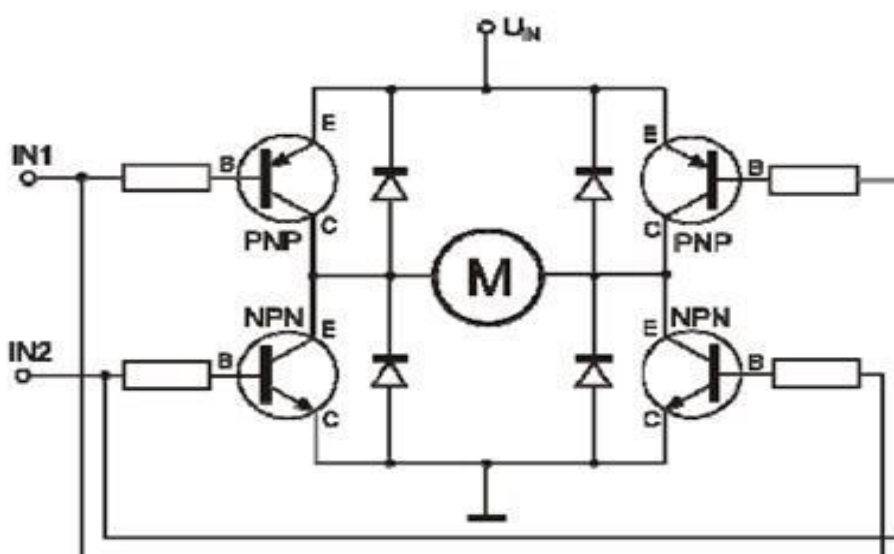


Figura 6.2 – Puntea H

Puntea este construită din patru întrerupătoare, acționate pe diagonală. Când întrerupătorul S1 și S4 sunt închise (iar întrerupătoarele S2 și S3 sunt deschise), o tensiune pozitivă va fi aplicată motorului. Prin deschiderea întrerupătoarelor S3 și S4 și închiderea lui S2 și S3, această tensiune este inversată, făcând posibilă rotirea motorului în sensul opus.

Aranjarea de tip punte H este în general folosită pentru a inversa polaritatea motorului, însă poate fi folosită și pentru frânarea motorului (motorul se opreste brusc datorită scurtcircuitării terminalelor sale) sau pentru a lăsa motorul să se rotească liber până la oprire.

Un tabel pentru logica de comandă a celor patru comutatoare:

S1	S2	S3	S4	Rezultat
1	0	0	1	Rotire la dreapta
0	1	1	0	Rotire la stânga
0	0	0	0	Rotire liberă
0	1	0	1	Frânare
1	0	1	0	Frânare

Tabel 2- Comanda comutatoare

În construcția unei punți H se pot folosi atât tranzistoare bipolare cât și MOSFET-uri sau IGBT-uri.

Viteza de rotație a motorului de curent continuu este direct proporțională cu tensiune de alimentare. Motorul de curent continuu este foarte ușor de utilizat în aplicații în care avem nevoie de viteză variabilă acest lucru datorându-se caracteristicilor constructive. Variația tensiunii de alimentare se poate face ușor folosind tehnica PWM (Pulse Width Modulation)

Tehnica PWM folosită pentru controlul motorului de curent continuu poate fi generată cu ajutorul unor circuite dedicate sau cu ajutorul unui microcontroller dar în orice caz avem nevoie și de un circuit de putere care să amplifice PWM-ul furnizat de un microcontroler sau un circuit dedicat de generare.

---

## 2.3. Invertoare

Invertoarele sunt circuite electronice specifice electronicii de putere care realizează conversia energiei de curent continuu în energie de curent alternativ. Acestea vor fi caracterizate printr-o tensiune de ieșire de o anumită formă, frecvență și valoare efectivă.

Invertoarele se utilizează în principal în două situații și anume:

- este necesară alimentarea în curent alternativ a unor consumatori, în locuri unde se dispune doar de surse de curent continuu
- este necesară alimentarea continuă (fără întreruperi) a unor consumatori în condițiile căderilor de rețea.

În acest ultim caz se încadrează echipamentele de telecomunicații, calculatoarele, etc.

Tensiunea de intrare, tensiunea de ieșire, frecvența, precum și manipularea totală de energie depinde de design-ul dispozitivului sau a circuitele specifice. Puterea este furnizată de sursa de curent continuu deci inverterul nu produce nici o putere.

Printre aplicațiile tipice pentru invertoare sunt: dispozitivele portabile de consum precum și sisteme de producere a energiei, cum ar fi sistemele de generatoare solară pentru a converti curentul continuu în curent alternativ.

Tensiune de intrare 12 VDC, pentru invertoare mici de consum și comerciale, 24 și 48 VDC, care sunt standarde comune pentru sisteme de energie de acasă, 200-400 VDC, atunci când puterea este de la panouri solare fotovoltaice, 300-450 VDC, atunci când puterea este de la acumulatele electrice de vehicul.

**Tensiune de ieșire. Tipuri de semnale de ieșire:**

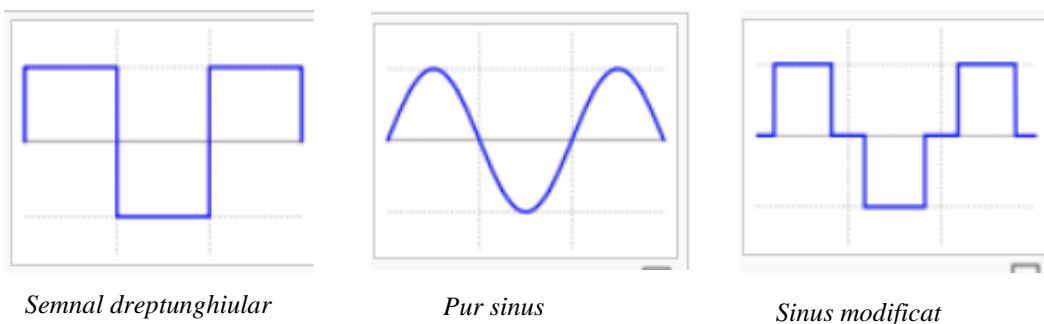


Figura 7.1 Tipuri de semnale de

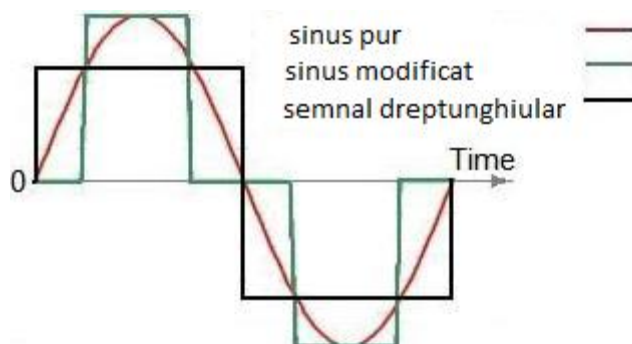


Figura 7.2 Tipuri de semnale de iesire

Invertoare pur sinusoidale sunt cele mai scumpe și din punct de vedere constructiv sunt mai greu de realizat. Orice dispozitiv va rula pe o undă sinusoidală pură, dar unele echipamente sensibile, cum ar fi anumite echipamente medicale cu viteză variabilă sau instrumente reîncărcabile, necesită acest tip de inverter pentru a funcționa corect.

Voi reaminti câteva tipuri de invertoare:

- Invertoare monofazate
- Invertoare trifazate

Pentru comanda motoarelor BLDC am construit două invertoare trifazate cu integratele Infineon BTN8962TA Half-Bridge .

## Invertoare trifazate pentru comanda motoarelor BLDC.

Pentru controlul motoarelor BLDC este necesară cunoașterea cu precizie în orice moment a poziției rotorului. Informația necesară determinării poziției rotorului față de stator este dată de senzorii de poziție (senzori Hall). Pe baza acestei informații vom ști cum să comandăm tranzistoarele inverterului care alimentează fazele motorului.

Pentru a fi comandat și controlat eficient, motorul BLDC trifazic necesită un inverter trifazic (în semipunte) care generează un semnal sinusoidal (comandă în 6 pași).

Inverterul poate genera o comandă sinusoidală sau în pași. Totodată necesită ca la comutația electronică a fazelor motorului să respecte și să păstreze sincronismul dintre fluxul statoric și fluxul rotoric (flux magnetic).

Fiecare fază (înfășurare) este alimentată pe durata celor  $120^\circ$  cât tensiunea indusă este constantă. Apare acum necesitatea unei comutații la fiecare  $60^\circ$ . Prin furnizarea succesiunii fazelor într-un timp bine stabilit, reglăm turația motorului

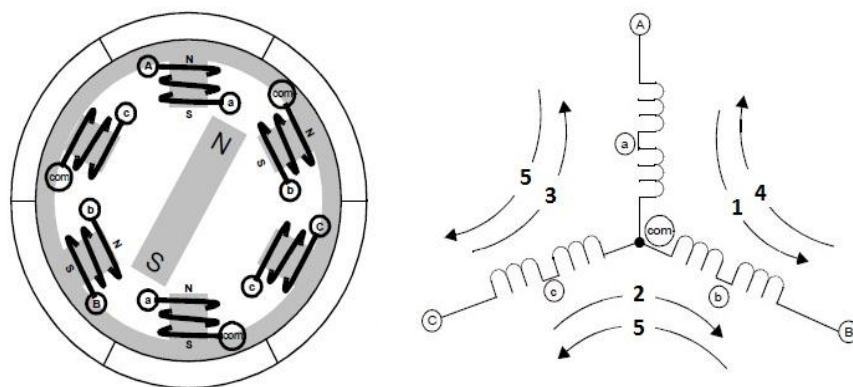


Figura 8– *Motor BLDC*

Bobinele se conecteaza împreuna într-un punct iar celelalte capete se conecteaza la trei segmente de colector, fiecare avand o deschidere de  $120^\circ$ . Procesul de comutație este fundamental în funcționarea motorului de curent continuu. fără perii și în comanda sa

În practica nu s-a folosit o comandă continuă a motorului ci o comandă asemănătoare cu cea de motor pas cu pas. (Capitolul de comandă a motoarelor este explicat în parte a doua a lucrării -Vlad Azoitei ).

În mod general circuitul de comandă a acestor motoare se pot folosi unul sau mai mulți senzori de poziție care dau informația necesară determinării poziției rotorului și astfel se păstrează în sincronism cele două fluxuri. Acest tip de control implică costuri ridicate datorită implementării senzorilor în construcția motorului și totodată acesta are restricții de funcționare în anumite condiții de mediu (căldură și umiditate mărită). În practică motorul a fost comandat fără sincronizare.

În aceste condiții din motive financiare și tehnice, **controlul fără senzori** (sensorless) este o capacitate esențială a unui controler pentru motoarele BLDC. Pentru comutarea nesenzorizată a sensului curentului, se percepe poziția reală momentană a rotorului



---

folosind contratensiunile induse în bobinele statorului, care sunt preluate de circuitul de comandă și control electronic (microprocesat), și prelucrate ca atare (valorificate). Totuși pentru a putea fi folosite (amplitudinal) respectivele tensiuni, este necesar mai întâi, ca rotorul să ajungă la o anumită turație și de aceea, pornirea acestui tip de motoare cu comutare nesenzorizată se face fără control al poziției la fel ca la motoarele sincrone clasice.

Așadr, pentru a reduce costul și complexitatea sistemului de control am preferat după cum am mai precizat utilizarea unei comanzi fără senzori (sensorless).

Motoarele BLDC sunt deja utilizate în construcția hard-disk-urilor și multe alte aplicații industriale și automatizări. Motoarele BLDC sunt regasite pe piața aplicațiilor electrocasnice și în industria auto, datorită eficienței mărite, a funcționării silențioase și a construcției compacte, a fiabilității mărite și a mentenanței scăzute.

=

## 2.4 Integrate Infineon BTN8962TA

Cum am precizat , pentru dezvoltarea acestui proiect am construit pentru motoare invertoare trifazate cu integratele Infineon BTN8962TA Half-Bridge



Figura 9.1– Integrat *BTN8962TA*

Avantajele folosirii *BTN8962TA* Half-Bridge:

- integrează în aceeași capsulă tranzistori MOSFET-p , MOSFET-n și driver
- permite funcționarea la frecvențe mari ale semnalului PWM
- permite monitorizarea valorii curentului absorbit
- protecție la supraîncălzire, subalimentare, supracurent și scurtcircuit

În continuare este prezentată diagrama bloc a acestui integrat extrasă din datasheet-ul lui.

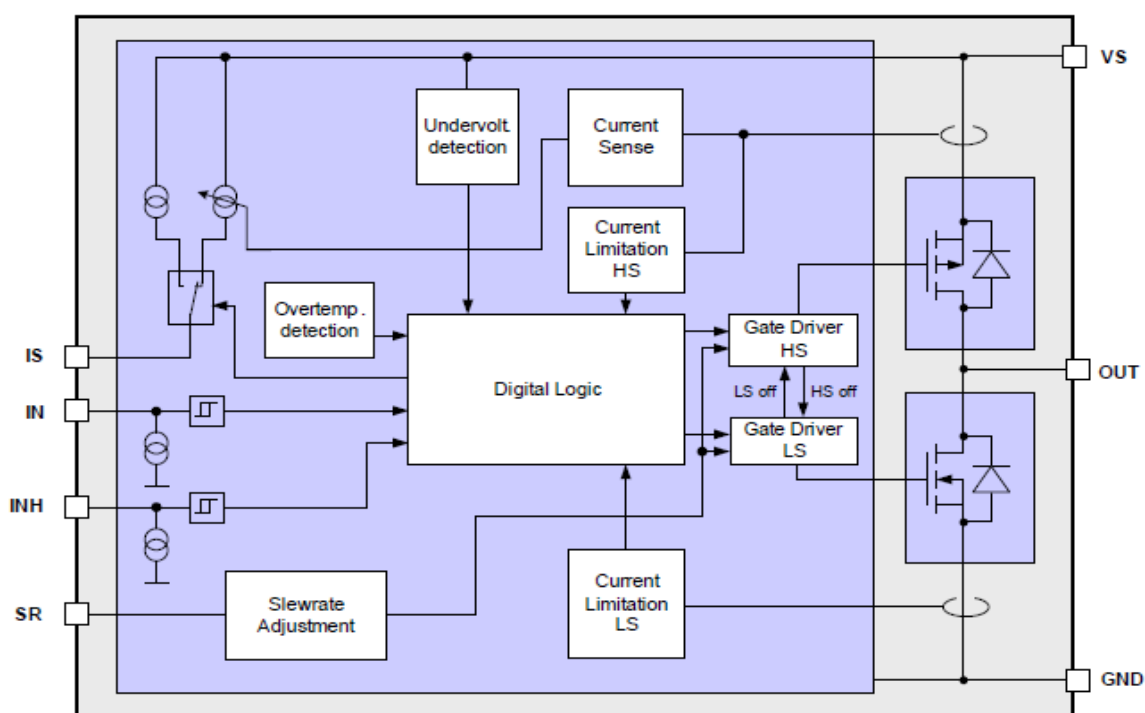


Figura9.2– Diagrama bloc *BTN8962TA*

În tabelul următor sunt descriși pini, direcția pe care aceștia o am (pin de intrare sau ieșire ) și funcția :

Pin	Direcție	Funcție
Is	OUT	Informație despre curentul consumat (legată printr-un rezistor de valoare adecvată la GND) sau diagnoză
IN	IN	Logică de control pentru ieșire
INH	OUT	Logică de control pentru intrare în modul sleep
SR	IN	Ajustare slew-rate (cu un rezistor adecvat pâna la GND)
OUT	OUT	Ieșire de putere
GND	-	GND
VS	-	Tensiune de alimentare

Tabel 3- *Descriere pini*

După cum am precizat și în avantajele folosirii acestui integrat, el oferă o gama bogată de protecții și funcții care ușurează folosirea dispozitivului într-o gamă cât mai largă de aplicații, dintre care:

- Protecție la supratensiune
- Protecție la supracurent
- Blocare la subtensiune
- Protecție la temperatura

- 
- Protecție la scurtcircuit
  - Ajustarea slew-rate-ului
  - Informații cu privire la curentul consumat de sarcină
  - Design compact

## **Funcții de protecții pentru integratul BTN8962TA**

**Protecție la supratensiune** – în caz de supratensiune (tensiunea de alimentare trece pe  $V_{OV}(off)$ ), circuitul integrat oprește MOSFET-ul de pe low side și îl porneste de cel de pe high side până când tensiunea de alimentare scade sub  $V_{OV}$

Dacă dispozitivul este în configurație de hbridge (puntea H), acest comportament duce la apariția fenomenului de mers în gol pe partea high side.

**Protecție la subțensiune** – în cazul în care tensiunea de alimentare scade sub tensiunea minim recomandată  $V_{UV}(off)$  ieșirea dispozitivului trece într-o stare de înaltă impedanță, dispozitivul revine la starea inițială odată ce tensiunea de alimentare trece de  $V_{UV}(on)$ .

**Protecție la temperatură** – datorită senzorului de temperatură integrat odată ce temperatura depășește valoarea maximă impusă dispozitivul detectează ieșirea și rămâne în starea aceasta până când un semnal extern aplicat pe pinul INH de o durată nu mai mică de  $t_{RESET}$  îl resetează.

Folosirea repetată a acestei protecții duce la scurtarea vieții dispozitivului.

**Protecție la supracurent** – în timpul funcționării curentul consumat de sarcină este monitorizat de logica de control a dispozitivului dacă pe una dintre ramuri de High sau Low side, curentul consumat depășește curentul limită  $I_{CLX}$ , ramura respectiva este blocată iar cealaltă ramura este activă pe o perioadă de timp  $t_{CLS}$ . Pe tot parcursul acestui timp, orice schimbare făcută pinului IN nu va fi luată în considerare .

După ce  $t_{CLS}$  s-a scurs, dispozitivul revine la setările initiale. Semnalul de diagnoza prezent pe pinul IS este activ timp de  $2 * I_{CLX}$  . Pentru ca avem valori de prag și întârzieri de propagare, valoarea curentului limită  $I_{CLX}$  variază în funcție de variația curentului în timp.

Se poate observa acest lucru în figura următoare:

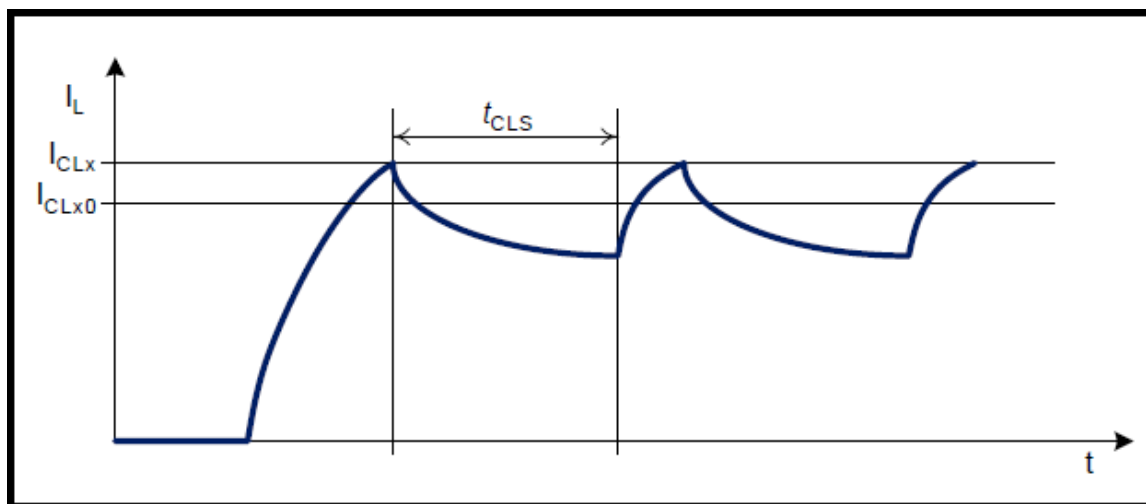


Figura 10 – Variația  $I_{CLx}$  în funcție de timp

**Protecție la scurtcircuit** – protecția la scurtcircuit apare în cazuri precum : ieșirea este scurtcircuitată cu masa (GND) , ieșirea este scurtcircuitată cu tensiunea de alimentare  $V_s$  sau cu sarcina.

Pentru această protecție este folosită protecția la supracurent și la supratemperatură.

În tabelul următor sunt prezentate valori pentru tensiunea, curentul sau temperatura care corespund fiecărui tip de protecție:

Protecție la supratensiune	$V_{OV}(on)$	27.8 V
	$V_{OV}(off)$	28 V
Blocare la subțensiune	$V_{UV}(on)$	5.5V
	$V_{UV}(off)$	4V
Protecție la temperatura	$T_{MAX}$	175°C
	$t_{RESET}$	4uS

Protecție la supracurent	$I_{CLH}$ (curent maxim prin high side)	80A
	$I_{CLL}$ (curent maxim prin low side)	60A
	$t_{CLS}$	210uS

Tabel 4 –Valori tipice de declanșare a protecțiilor

## Specificații electrice

Alte **specificații** pentru circuitul BTN7960 sunt cele **electrice**, acestea fiind prezentate în tabelul 5.

Tensiunea de alimentare	8 - 18 V
Curentul continuu de ieșire	$\pm 44A$ la $85^{\circ}C$ $\pm 40A$ la $125^{\circ}C$
Curentul de ieșire	$\pm 90A$ la $85^{\circ}C$ $\pm 85A$ la $125^{\circ}C$
Curentul consumat în funcționare	În modul sleep: 7uA În modul de funcționare normală : 3mA

Tabel 5 *Specificații electrice pentru BTN7960*

## Partea de putere a circuitului BTN7960

După cum am precizat acest circuit integrat este construit din două tranzistoare de tip MOSFET unul cu canal P și unul cu canal N construiți în tehnologia DMOS vertical.

În figura următoare este ilustrată aceasta tehnologie DMOS vertical:

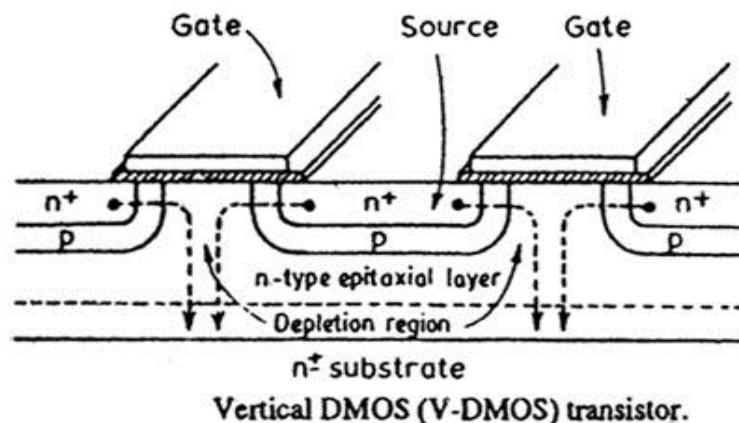


Figura 11- Structura DMOS vertical

MOSFET-ul DMOS (Double- Diffused MOS ) este orientat spre aplicații de putere în care se lucrează cu tensiuni înalte și frecvențe înalte .

Pentru că tranzistorul lucrează la tensiuni înalte și la frecvențe înalte caracteristica acestuia este similară cu cea a unui tranzistor TBJ.

Datorită folosirii acestui tip de tranzistor pentru partea de putere dispozitivul este capabil să lucreze la frecvențe de până la 25kHz.

**Rezistența  $R_{ON}$**  variază în funcție de temperatură dar și de tensiunea de alimentare, graficele corespunzătoare celor două părți High și Low sunt prezentate mai jos:

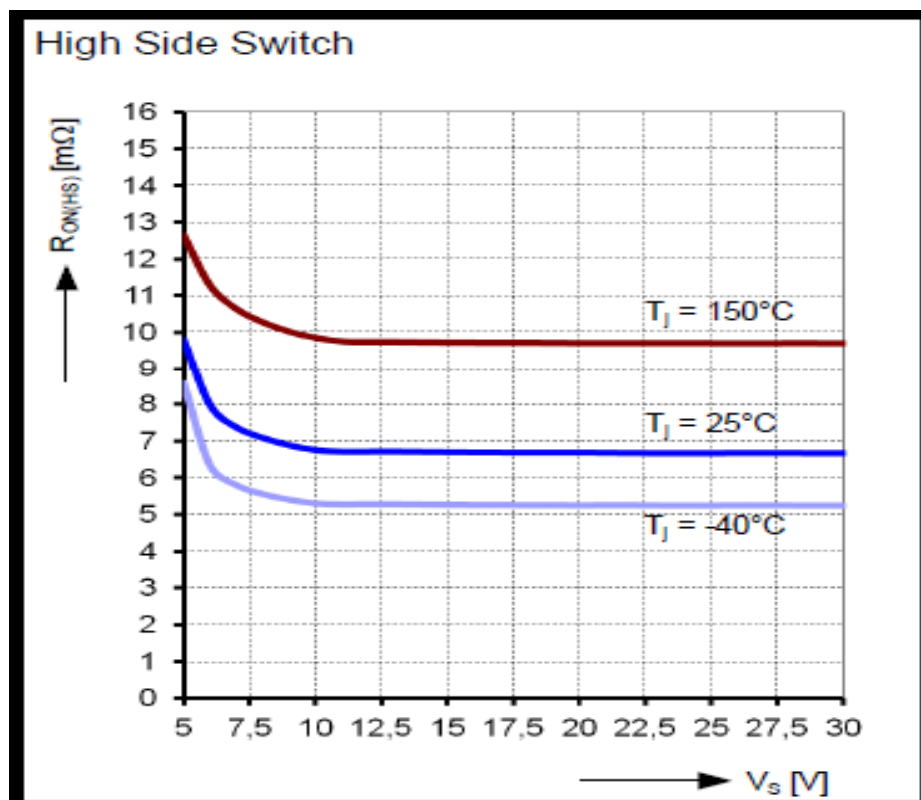


Figura 12 Variația  $R_{ON}$  (HS) în funcție de temperatura joncțiunii și a tensiunii

Putem observa că odată cu creșterea tensiunii de alimentare după o anumită valoare  $R_{ON}$  rămâne constant și nu mai variază cu temperatura. Probleme de variație cu temperatura se întâlnesc când tensiunea de alimentare este sub 12V.



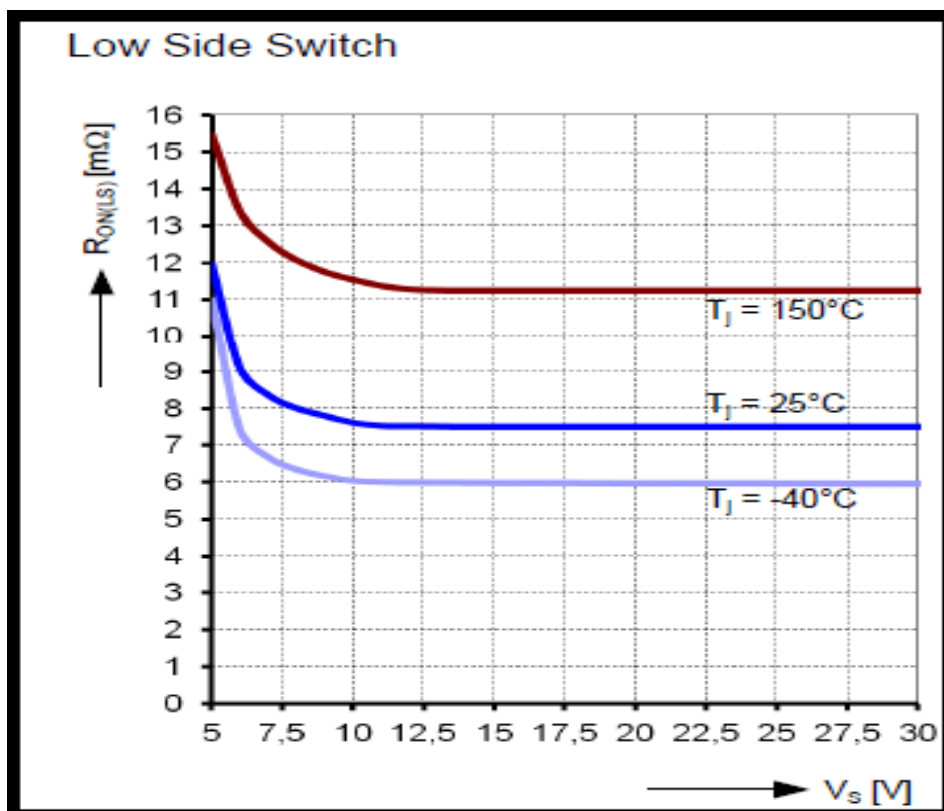


Figura 13 Variația  $R_{ON}$  (LS) în funcție de temperatura joncțiunii și a tensiunii

Un tabel cu valorile numerice ale  $R_{ON}$  este prezentat mai jos:

Variația $R_{ON}$ cu temperatura		$R_{ON}(HS)$	$R_{ON}(LS)$
$T=25^\circ\text{C}$	tipic	7 mΩ	9 mΩ
	maxim	7 mΩ	9 mΩ
$T=150^\circ\text{C}$	tipic	10 mΩ	14 mΩ
	maxim	12.8 mΩ	17.7 mΩ

Tabel 6 -Variația rezistenței  $R_{ON}$  cu temperatura

---

## Timpii de comutație pentru BTN7960

Avem timpi de răspuns la conectarea sarcinii la masă (GND) și timpi de răspuns la conectarea la tensiunea de alimentare ( $V_s$ ), timpi reprezentați în figurile de mai jos :

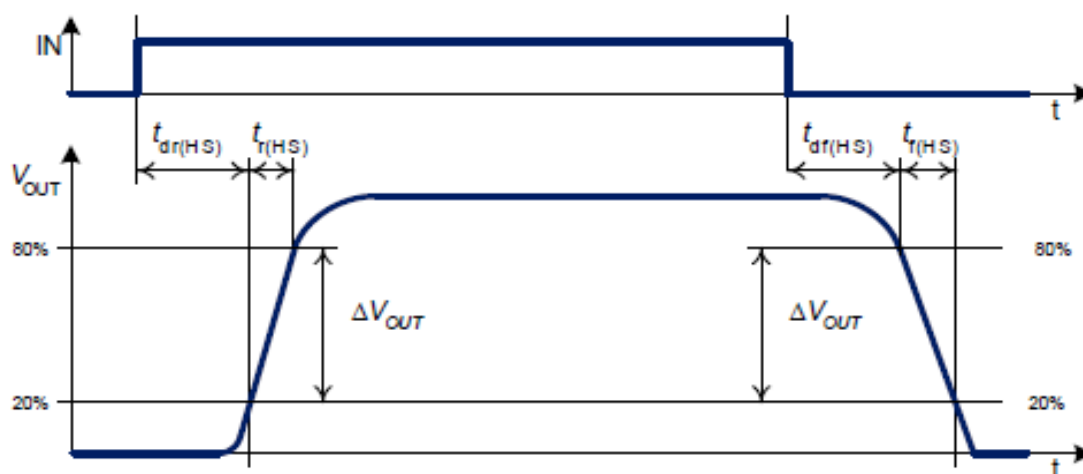


Figura 14.1 Timpul de comutație pentru High Side – sarcină legată la GND

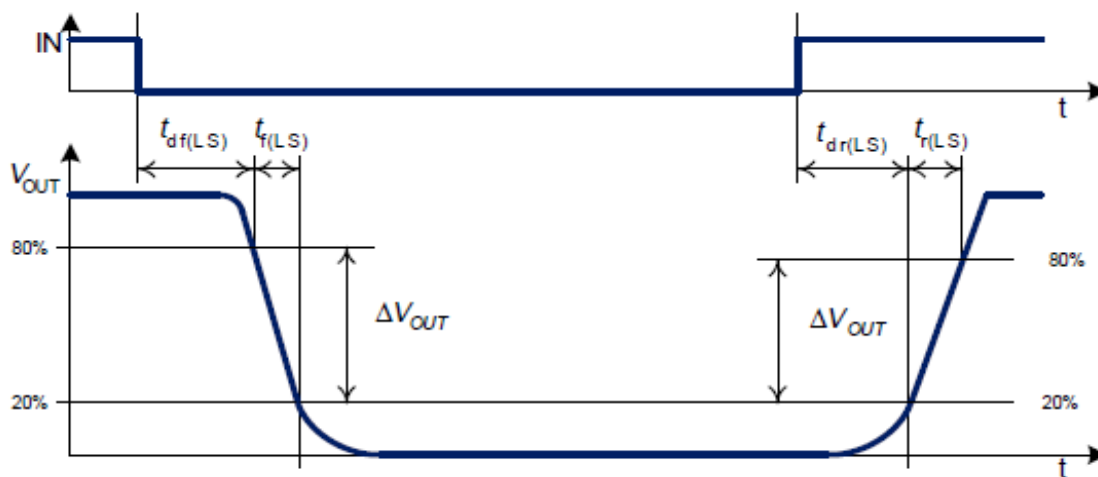


Figura 14.2 Timpul de comutație pentru Low Side – sarcină legată la  $V_s$

Pentru exemplificare a fost folosit un rezistor pentru setarea slewrate-ului (variația maximă a tensiunii în unitatea pe timp) de  $5.1 \text{ k}\Omega$ . Se pot obține timpi mai mici de tranziție dar asta aduce riscul ca atunci când dispozitivul comută sarcina între  $V_s$  și GND tranzistoarele să nu se închidă suficient de repede și pentru o perioadă de timp ambele tranzistore să fie în conducție astfel distrugându-se unul sau chiar ambele tranzistoare.

Pentru această situație sunt prezentate valori ai timpilor de comutație, exprimate în unitatea de timp, în tabelul de mai jos:

High Side	$t_{dr}$	4.7 uS
	$t_r$	2 uS
	$t_{df}$	3.3 uS
	$t_f$	2uS
Low Side	$t_{df}$	5.6 uS
	$t_f$	5.4 uS
	$t_{dr}$	2.2 uS
	$t_r$	2 uS

Tabel 7 – *Timpi de comutație*

---

## Control și diagnoză pentru BTN7960

- Controlul dispozitivului BTN7960 se realizează prin cei doi pini IN și INH a căror funcționalitate a fost descrisă anterior. Acești pini sunt de tip intrări cu trigger Schmitt compatibil TTL/CMOS ceea ce facilitează folosirea unui microcontroller pentru comanda acestuia.
- Generatorul de dead time (timp mort)- asigură ca la nici un moment de timp cele două elemente active nu sunt deschise simultan ducând la scurtcircuitarea sursei de alimentare cu masa (GND) prevenind astfel distrugerea circuitului.
- Ajustarea slewrate-ului – pentru a optimiza efectele EMI viteza de comutație a tranzistoarelor MOSFET poate fi ajustată cu un rezistor între pinul SR și GND.
- Starea circuitului și informația de curent sunt implementate cu două surse de curent. În modul în care funcționarea este normală ieșirea IS este conectată la o sursă de curent care este proporțională cu un curent consumat de sarcină:

$$k_{ISL} = I_{IL} / I_{IS}$$

unde :  $k_{ISL}$ - constantă de proporționalitate

$I_{IL}$  – curentul consumat de sarcină

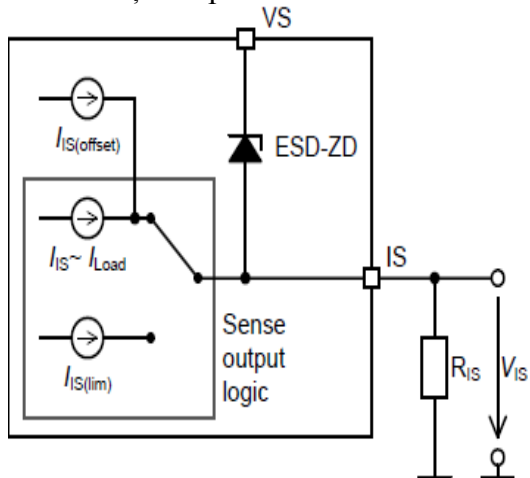
$I_{IS}$  -curentul prezentat la ieșirea IS

În cazul în care una dintre condițiile de protecție este depășită ieșirea IS este conectată la o sursă de curent  $I_{IS(lim)}$

În figura următoare este prezentată operațiunea normală -informații despre curent și diagnoză

Operațiunea normală:

Informații despre curent



Operațiunea de diagnoză

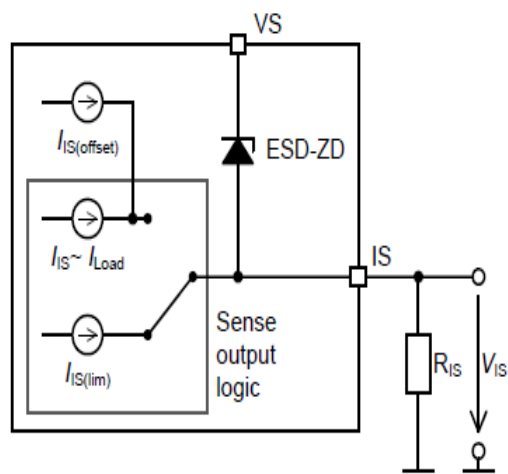


Figura 15 -Schemă bloc pentru diagnoză, curent sensing

Variația factorului  $k_{ISL}$  este în funcție de curentul absorbit de sarcină .

Pentru exemplificare este prezentat tabelul de mai jos:

IL	5A			15A			30A		
$k_{ISL}$	$k_{ISL}$ (min)	$k_{ISL}$ (tipic)	$k_{ISL}$ (max)	$k_{ISL}(\min)$	$k_{ISL}$ (tipic)	$k_{ISL}$ (max)	$k_{ISL}$ (min)	$k_{ISL}$ (tipic)	$k_{ISL}$ (max)
$R_{IS}$	5	8.5	12.5	5.5	8.5	11.5	6	8.5	11

Tabel 8- Variația factorului  $k_{ISL}$

## Un exemplu de configurație h-bridge pentru BTN7960

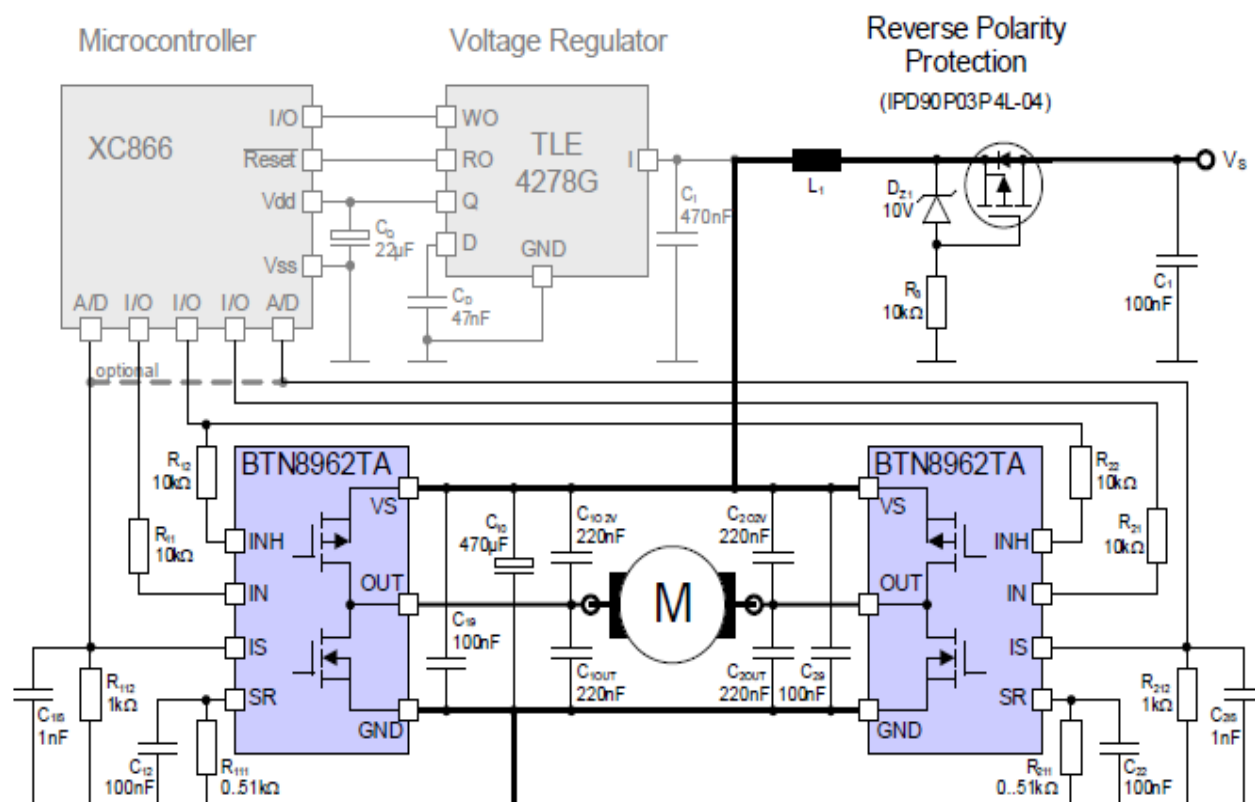


Figura 16 -Exemplu de configurație h-bridge pentru BTN7960

Informațiilor prezentate în acest subcapitol îmi justifică alegerea acestui circuit integrat acesta simplificând partea de implementare hardware și software.

În practică am folosit o punte invertoare trifazată prezentată în următoarea figura

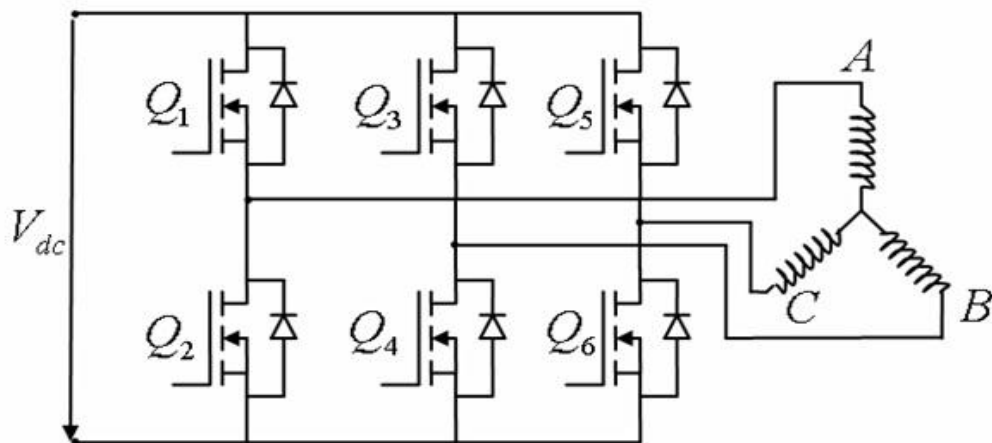


Figura 17 –Punte trifazată

Puntea este alcătuită din 6 comutatoare electronice. În general se folosesc tranzistoare MOSFET sau tranzistoare bipolare cu baza izolată (IGBT) pentru curenți sau tensiuni mari.

Schema completă a invertorului cu aceste integrate este prezentată în capitolul de proiectare a circuitelor și cablajelor.

---

## 3. Detectorul de metale

### 3.1. Generalități

Acest proiect urmărește deasemenea dezvoltarea unui detector de metale. Dacă pe traseul făcut în regimul autonom a acesteia va detecta un metal motoarele se vor opri prin trimiterea unui semnal (impuls) către microcontroler (PIC18F5431) generând o întrerupere tratată mai departe corespunzător în partea de soft

Detectoarele de metale sunt dispozitive electronice ce au rolul de a detecta și semnaliza obiectele metalice.

Detectoarele de metale se folosesc în diverse domenii precum:

- Cel militar - pentru descoperirea minelor și proiectilelor neexplodate
- Securitate – control personal în scopul de a detecta diverse arme sau obiecte metalice ascunse (în aeroporturi, instituții etc)
- Industrie - detectarea obiectelor metalice în diverse locații: în construcții și la exploatările petroliere offshore pentru detectarea eventualelor conducte îngropate.

Se pot folosi de asemenea pentru a detecta prezența accidentală a obiectelor metalice pe o bandă transportoare.

- Arheologie - descoperirea obiectelor metalice în diverse situri arheologice.
- Hobby – este utilizat de către scafandri pentru căutarea de tezaure subacvatice sau în arheologia subacvatică.

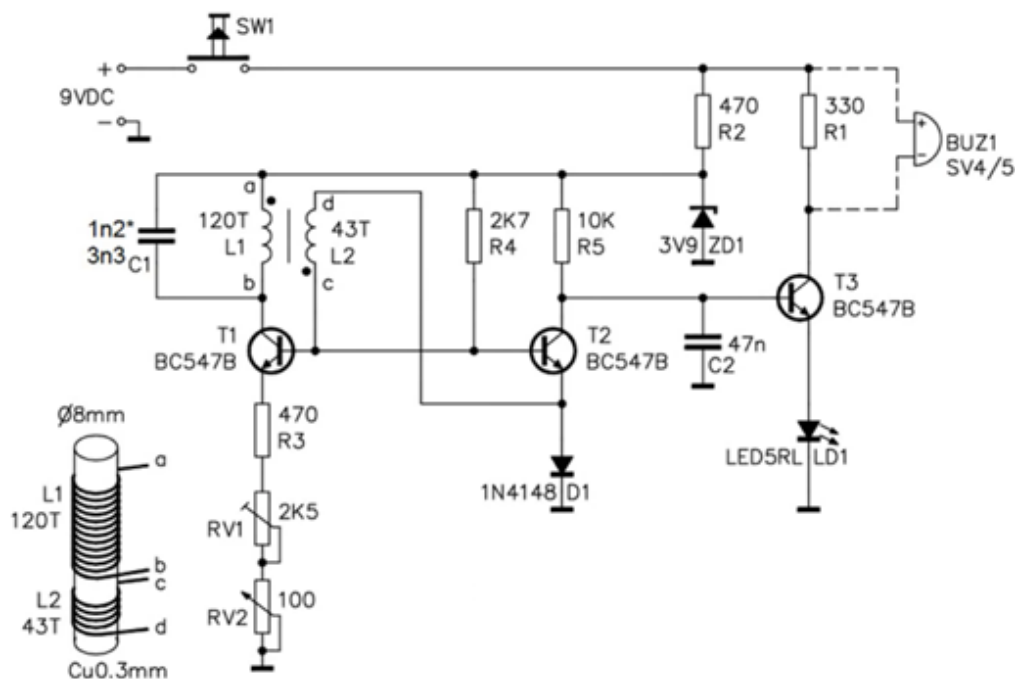
### 3.2 Principiul de functionare

Pentru a evidenția modul de funcționare a detectorului de metale realizat, voi vorbi despre un sensor inductiv cu un miez mobil din cadrul traductoarelor inductive.

Senzorul este format dintr-o bobină cu miez feromagnetic a carui comportament magnetic este afectat de orice metalele aflate în apropierea sa. Apropierea/departarea metalului față de miez (bobină) provoacă o variație neliniară a inductanței proprii a bobinei, datorită câmpului magnetic neomogen creat în aceasta..



Am plecat de la urmatoare schemă pentru detecție:



Acest tip de detector de metale foloseste două înfășurări de conductor de cupru, una mai mare care este considerată bobină detector și una mai mică considerată bobină de referință. Cele două sunt conectate cu câte un condensator astfel formându-se două circuite oscilante.

Cele două înfășurări terminalele acestora se pot observa în figura (A,B,C,D). Când mă apropiu cu un metal de bobină practic se modifică cuplajul magnetic între cele două înfășurări, astfel modificându-se și amplitudinea din a doua înfășurare.

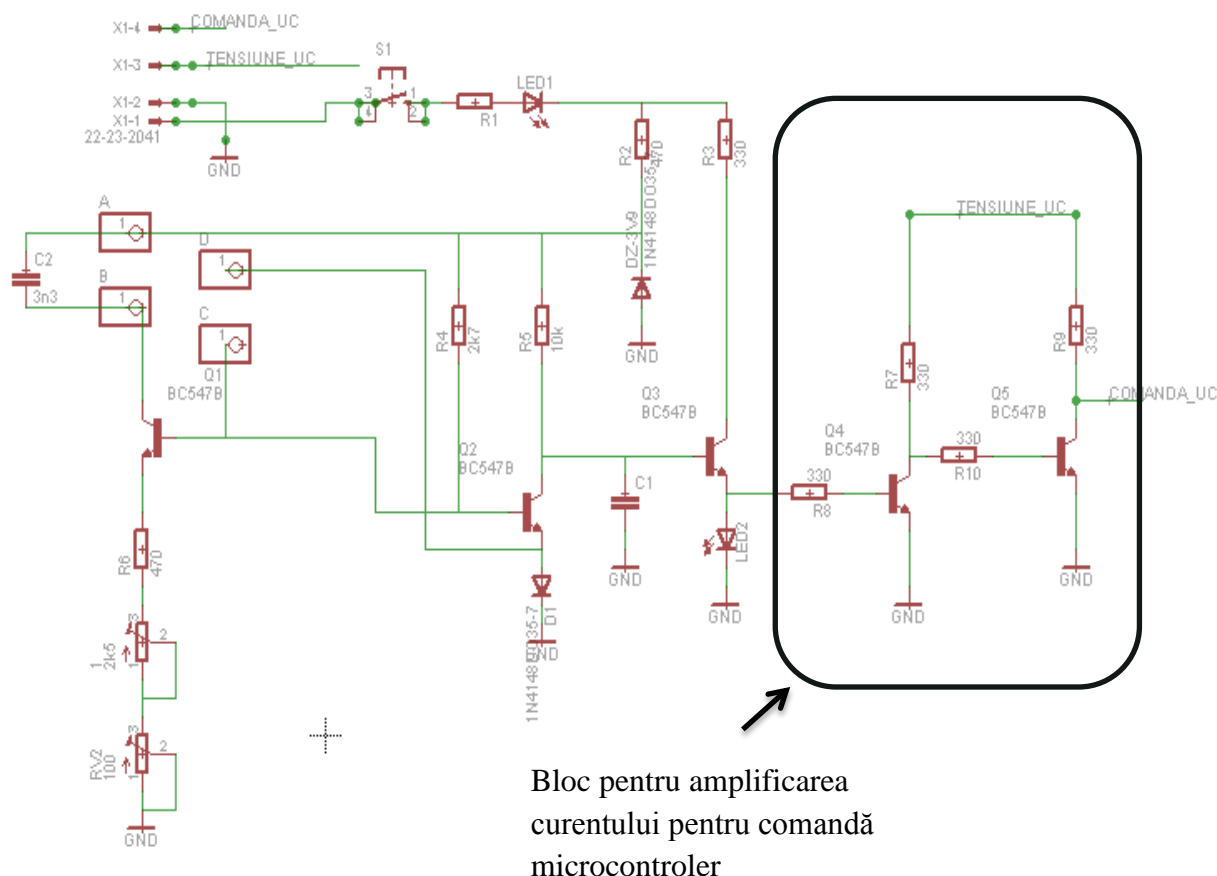


Figura 20- Scemă electrică finală detector de metale

Condensatorul C2 are și rolul de a nu permite să se facă salt foarte brusc de tensiune.

Condensatorul C1 din schemă se comportă ca un filtru, prin modificarea timpului de integrare frecvența crește respectiv scade.

În momentul inițial când se conectează la sursă înainte ca tranzistorul Q1 să conducă tensiunea uab este 0.

Când Q1 începe să conducă apare un curent în bobină rezultând o creștere a tensiunii pe aceasta care este întârziată de prezența condensatorului C2. Pe perioada tranzitorie de la începutul conducerii tranzistorului și până în momentul stabilizării curentului variația curentului prin bobina L1 va induce o tensiune electromotoare în bobina L2 cu plusul în C și minusul în D. Această tensiune indusă va polariza direct tranzistorul Q2 deschizându-l. Tensiunea din baza celor două tranzistoare va fi egală cu tensiunea bază emitor a tranzistorului Q2 plus tensiunea de pe dioda d1 ( $V_{beQ12} + v_{d1}$ ) care este mai mică decât curentul care trece prin bobina L1

---

înmulțit cu suma rezistențelor din emitorul tranzistorului Q . Rezulta astfel tensiunea baza emitor a tranzistorului Q1 va începe să scadă care va genera o scădere a curentului prin L1 , rezultând astfel că tensiunea indusă în bobina L2 își va schimba semnul polarizând și blocând tranzistorul Q2. În continuare va intra în conducție iar tranzistorul Q1, ciclu începând să se repete.

Rezistența împreună cu potențiometrele aflate în emitorul lui Q1, variază practic curentul indus în bobina L1 care permite controlarea curenților în cealaltă bobină astfel prin acestea se poate varia puterea de detecție a unui metal.

Când este detectat metal tensiunea din emitorul lui Q3 este de 3,8V iar ledul 2 se aprinde.

Ultimul etaj este folosit pentru a amplifica tensiunea din emitorul Q3, astfel ca atunci când este detectat metal se va genera o tensiune de 5V care va da un impuls de comandă la microcontroler iar aceasta este tratată ca fiind o stare de întrerupere a funcționalității motoarelor .

Primul led stă prins atât timp cât detectorul este în stare de funcționalitate, iar cel de-al doilea este activat când se va detecta metal pe traseul parcurs de mașină.

**//poză cu bobina pe care am făcut-o(un întrefier si doua infasurari )**

**Figura 21**

---

## 4.Senzorii cu ultrasunete

Orientarea, urmărirea unui traseului și detecția de obstacole sunt realizate cu ajutorul senzorilor cu ultrasunete.

### 4.1 Caracteristici generale

Senzorii sunt dispozitive care pot măsura diferite proprietăți ale mediului din jurul acestora, cum ar fi: temperatura, distanța, rezistența fizică, greutatea, mărimea.

O clasificare a acestora îi grupează în două categorii:

- **Senzori de stare externă**- senzori care oferă informații despre mediul ambient.  
Aceștia la rândul lor pot fi împărțiți în două categorii: senzori cu contact ( senzori care culeg informația din mediu prin atingere de exemplu: senzor "bumper"), respectiv senzori fără contact , care preiau informația din mediu de la distanță (exemplu: cameră video, senzor ultrasonic)
- **Senzori de stare internă** - senzori care oferă informații despre starea internă de exemplu nivelul bateriei, poziția roților sau altor componente, etc.;

Senzorii pot fi activi sau pasivi. Senzorii activi sunt acei senzori care emit energie în mediu pentru a putea observa anumite caracteristici ale acestuia, spre deosebire de senzorii pasivi care primesc energie din mediu pentru a putea prelua informația.

Senzori sunt caracterizați printr-o serie de proprietăți, cele mai importante fiind:

- Sensibilitatea: raportul dintre semnalul de ieșire și semnalul de intrare;
- Liniaritatea: exprimă dacă raportul dintre intrare și ieșire este constant;
- Intervalul de măsurare: diferența între distanța minimă și maximă măsurabilă;
- Timpul de răspuns: timpul necesar pentru ca informația de la intrare să fie observabilă la ieșire;
- Acuratețea: diferența între semnalul măsurat și semnalul real;
- Repetabilitatea: diferențele între măsurători succesive ale aceleiași entități;
- Rezoluția: exprimă cea mai mică unitate de incrementare a semnalului măsurat;
- Prețul sensorului;
- Puterea de calcul necesară pentru a interpreta rezultatele;

---

Senzorii cu ultrasunete sunt întâlniți în literatura de specialitate și sub denumirea de sonar-senzorii ultrasonici folosesc semnale acustice (sunete). Ei permit măsurarea suficient de precisă, fără contact, a distanțelor față de alte obiecte din mediu și asigură astfel premisele pentru unele dintre cele mai importante activități:

- Măsurarea distanței față de unele repere, fixe sau mobile din mediu, pentru ancorarea propriei poziții în spațiul de lucru;
- Identificarea obstacolelor din mediu înconjurător, cu poziția și configurația lor, în vederea stabilirii unei strategii optime pentru ocolirea lor, dar și pentru o eventuală reconfigurare, în vederea abordării lor directe;
- Identificarea poziției și orientării unor module, în vederea unei eventuale atașări și cuplări;

Un emițător transmite un semnal acustic în mediu urmând apoi ca reflecția acestuia să fie recepționată de componenta detector a senzorului. Timpul în care semnalul este receptat înapoi de senzor precum și atenuarea semnalului reprezintă aspecte exploatate de diferitele tipuri de senzori sonar.

Sunetele transmise de senzorii sonar sunt de regulă în spectrul de sunete ultrasonice, au o frecvență foarte înaltă pentru a nu putea fi detectate de urechea umană. Atât lilieci cât și delfinii folosind aceleași tehnici pentru a localiza și identifica diferitele caracteristici ale unui anumit robot

#### 4.2.Principiul de funcționare al senzorului cu ultrasunete

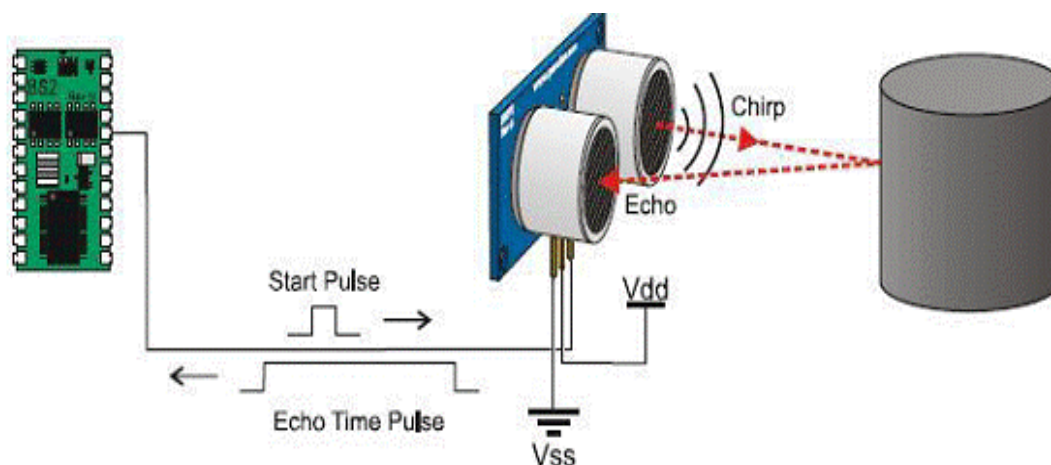


Figura 22 –Principiul de functionare al senzorului cu ultrasunete

Măsurarea distanței constă în măsurarea timpului de propagare a undelor între reperele considerate.  $D = v \cdot t$ , unde : D- distanța , t - timpul măsurat, v - viteza de propagare a undei în mediul considerat.

În general depinde de indicele de refracție al mediului, care la rândul său depinde de mai mulți parametri (temperatură, presiune, umiditatea aerului, lungimea de undă), iar cunoașterea exactă a acestui aspect poate îmbunătăți precizia măsurătorilor.

Senzorul trimite un semnal acustic format din 8 impulsuri pentru o scurtă perioadă de timp și apoi așteaptă ca sunetul să se reflecte de o suprafață și să se întoarcă la receptor. (figura x) În funcție de timpul măsurat de la terminarea trimiterii sunetelor și până la recepție, în urma unei transformări matematice, se determină distanța până la obstacol (viteza sunetului=340m/s rezultă 34cm/ms iar distanța =  $(v \cdot t)/2$  – este împărțit la doi deoarece este distanța dus-întors).

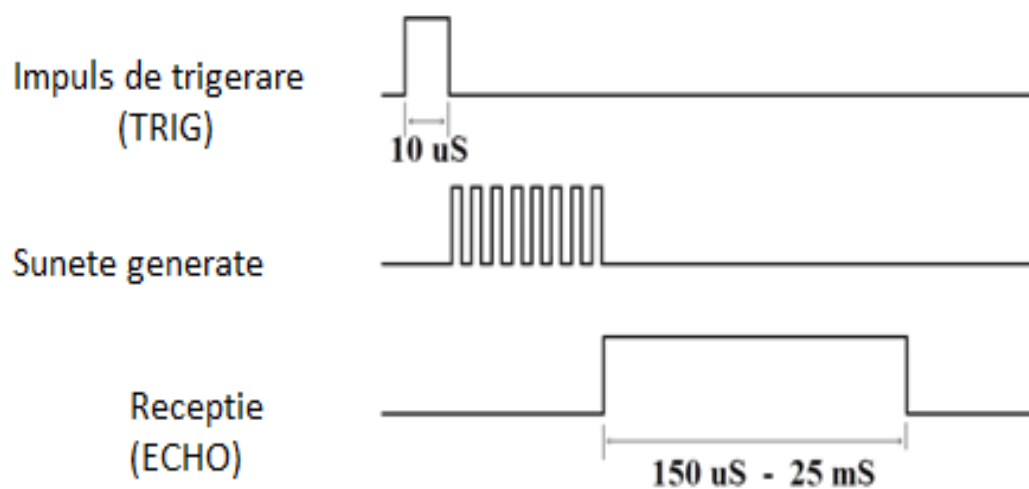


Figura 23- *Impulsuri senzori cu ultrasunete*

Senzorii pe care i-am folosit pentru orientarea, urmărirea unui traseului și detecția de obstacole sunt senzorii cu ultrasunete **HC-SR04**.



Figura 24- *Senzor cu ultrasunete* **HC-SR04**

Valorile citite de la senzori sunt procesate și astfel dacă se detectează un obstacol de către unul din senzori, roata situată pe partea sensorului respectiv este accelerată, iar cealaltă decelerată pentru a putea schimba direcția de mers. Când senzorii nu detectează nimic, mașina merge înainte.

---

**Specificații** senzor ultrasunete HC-SR04 :

- raza de acțiune 2cm – 500cm
- rezoluție 0.3cm
- unghi de acțiune optim  $<15^\circ$
- frecvența sunetelor generate 40kHz

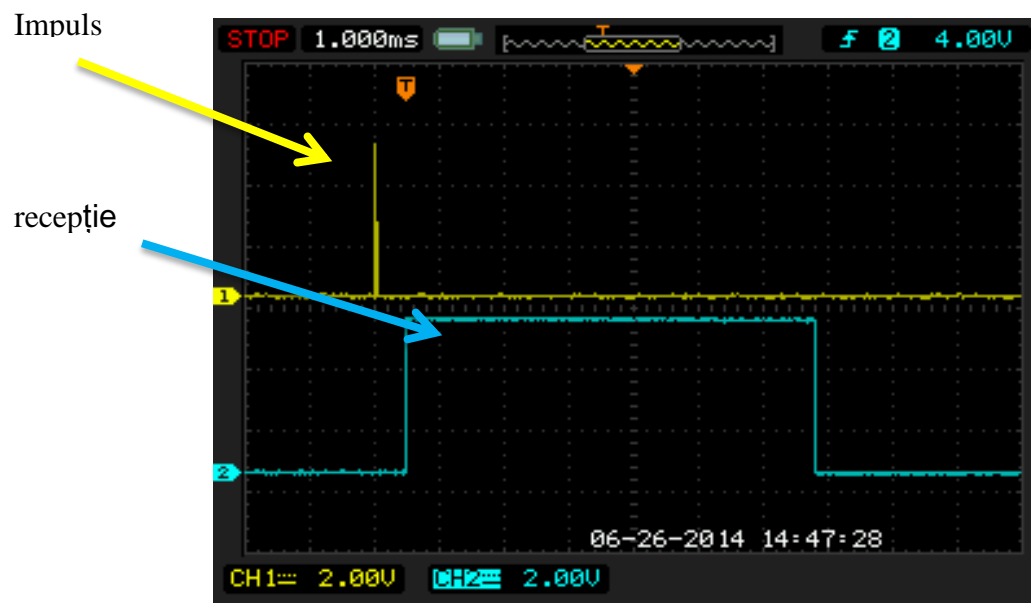
Valoarea pe care o citește senzorul este trimisă la microcontroller unde sunt procesate, calculate și luate deciziile pentru orientarea mașinei în mod autonom.

//++++++ completat deciziile pe care le ia microcontrolerul după modul în care detectează senzorii

În figurile ce urmează se pot observa formele de undă captate odată în cazul în care nu detectează nimic în raza de acțiune respectiv în cazul detecției unui obstacol:



### Formă de undă senzor în cazul în care nu avem



### Formă de undă senzor în cazul în care avem

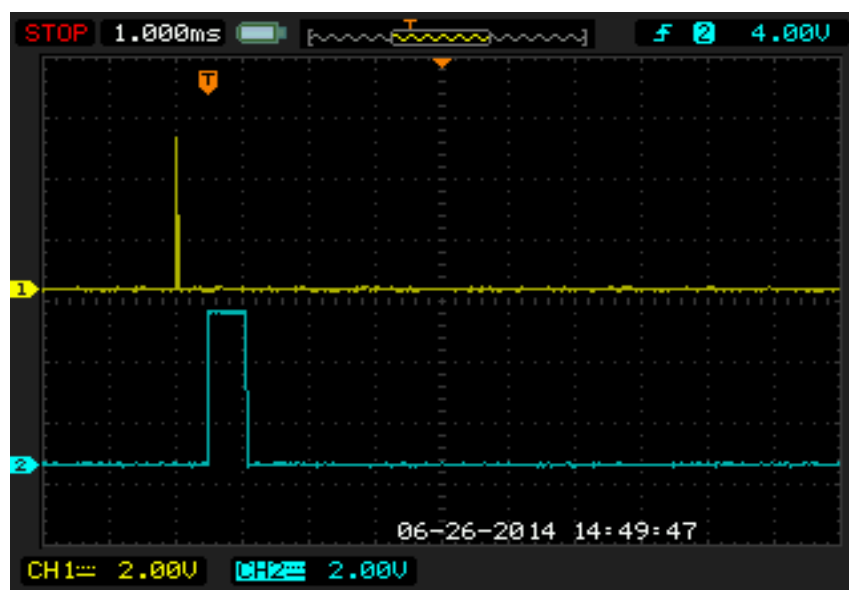


Figura 25– Forme de undă senzor cu ultrasunete

---

## 5. Procesare de imagini

Cum am precizat anterior, mașina poate fi controlată manual, de la consolă, de utilizator, și în mod autonom aceasta orientându-se cu ajutorul senzorilor cu ultrasunete.

Un alt mod prin care mașina poate parcurge un traseu fără intervenția utilizatorului, este prin amplasarea unei camera video, aceasta urmărind sensul săgeților regăsite pe un traseu.

În zilele noastre ideea de autonome este din ce în ce mai promovată, roboți, vehicule care parcurg trasee singure ferindu-se de obstacole, luând decizii din ce în ce mai ample atât cu ajutorul senzorilor cât și cu ajutorul unor camere, informațiile fiind achiziționate și procesate în soft din ce în ce mai optimizate

Pentru această aplicație am folosit o cameră Web cu amplasată pe mașinuță. Am folosit mediul de dezvoltare MatlabR2007b pentru a achiziționa imaginile și pentru procesare.

### 5.1 Mediul de dezvoltare

MATLAB<sup>®</sup> (MATrix LABoratory) este un pachet de programe de înaltă performanță, interactiv, destinat calculului matematic, științific și ingineresc. MATLAB integrează calcul, programare și vizualizare, într-un mediu de lucru prietenos, soluționarea problemelor presupunând folosirea notațiilor matematice clasice. Utilizarea programului MATLAB include:

- Matematică și calcul numeric
- Programare și dezvoltare de algoritmi
- Modelare și simulare
- Analiză de date, exploatarea rezultatelor și vizualizare
- Grafică științifică și inginerască
- Dezvoltare de aplicații software, incluzând construcție de interfețe grafice cu utilizatorul (GUI)

Versiunea completă a pachetului de programe MATLAB conține o întreagă familie de module specifice, denumite tool-box-uri, respectiv blockset-uri, care permit rezolvarea unor aplicații din diverse domenii. Module sunt colecții de funcții MATLAB (M-files), ușor de asimilat, care extind puterea de calcul a pachetului de programe MATLAB în vederea rezolvării unor clase particulare de probleme. Colecția de module MATLAB conține: Simulink, DSP, Control System,

---

SimPowerSystems, SimMechanics, Data Acquisition, Fuzzy Logic, Image Processing, Partial Differential Equations, Neural Network.

Lansarea în execuție:

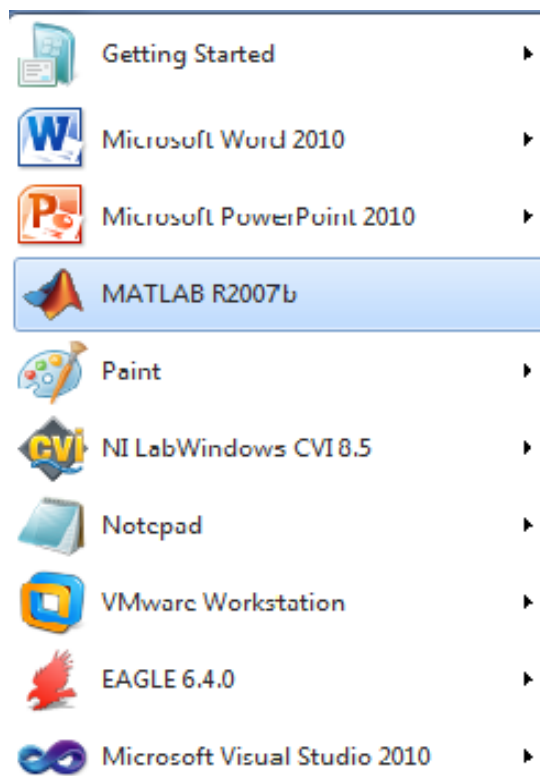


Figura 26.1- *Captură lansare în execuție Matlab*

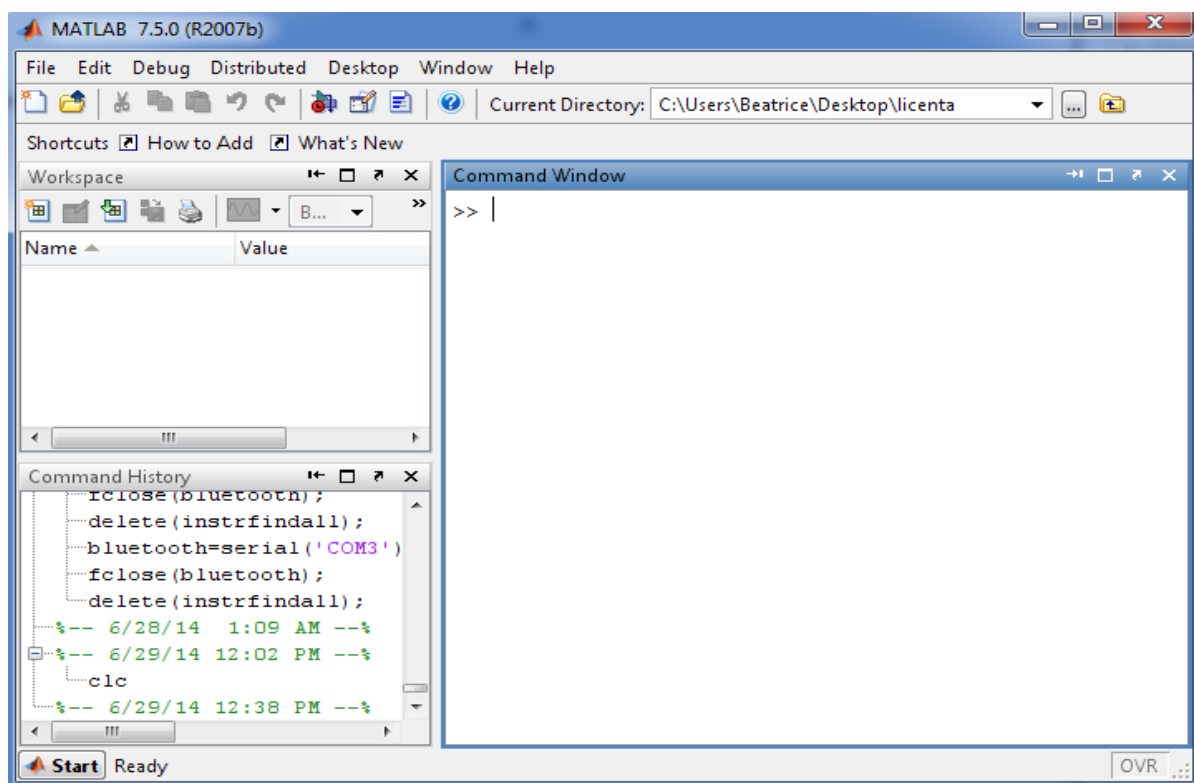


Figura 26.2- Captură lansare în execuție Matlab

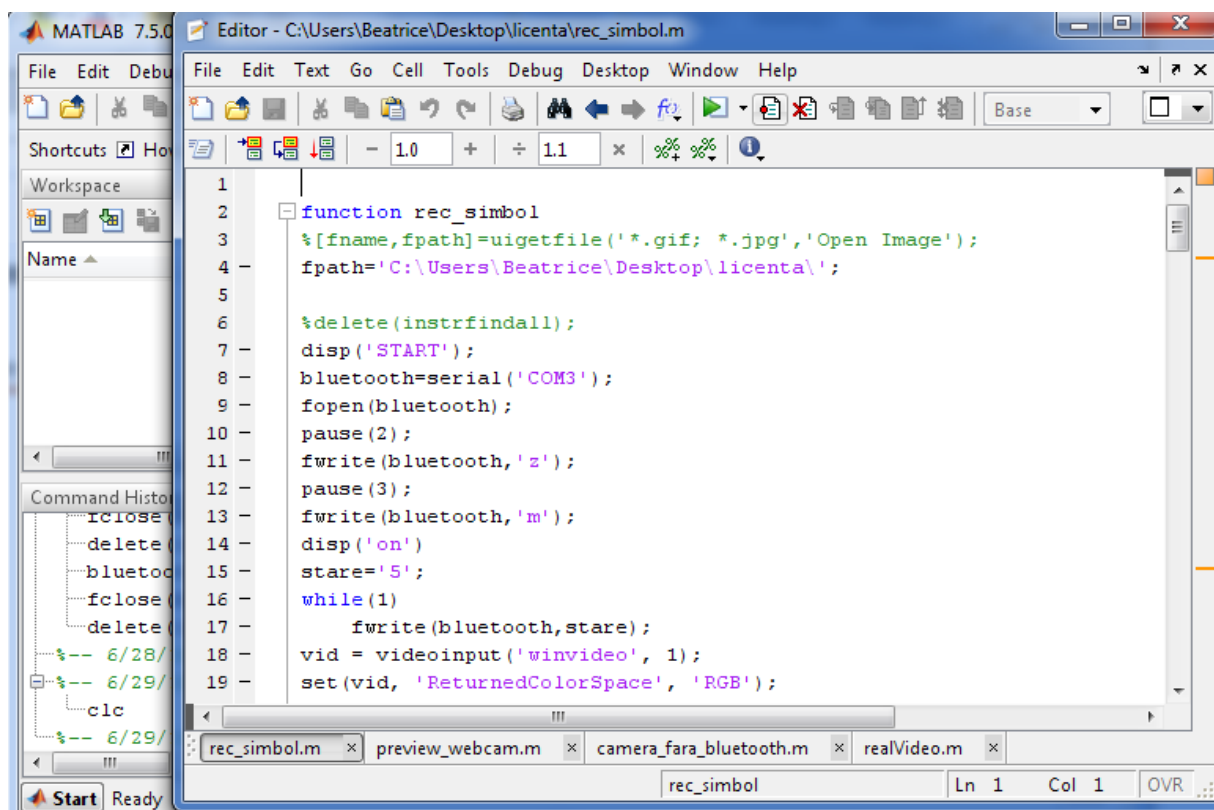


Figura 26.3- Lansarea ferestrei Editor/Debugger

MATLAB-ul ofera suport pentru camera web printr-un pachet de sprijin hardware disponibil prin intermediul pachetului de instalare. Image Processing Toolbox conține o serie largă de funcții utile procesării imaginilor sub Matlab, imaginile fiind stocate în tablouri de valori numerice de tip uint8, uint16 sau double.

Există mai multe tipuri de imagini suportate de catre mediul de lucru Matlab. Pentru o imagine de  $m * n$  pixeli, putem avea:

- O **image binară** (binary image) – imagine ce conține doar pixeli albi sau negri, reprezentată sub forma unor tablouri de valori de 1(alb) și 0(negru) – informațiile vor fi stocate într-o matrice  $m*n$  de uint8 sau uint16;
- **image indexată** (indexed image) – imagine (matrice  $m * n$ ) a caror pixeli conține valoarea indicelui culorii dintr-o paletă de culori. Paleta de culori este un tablou  $p*3$ , cele trei coloane reprezentând valorile RGB, unde  $p$  reprezintă numărul de nuanțe din paletă;
- imagine in **nuante de gri** (grayscale sau intensity image) – valorile tabloului imagine (matrice  $m * n$ ) conține direct nuanța de gri, fără a fi nevoie de o paletă de culori;
- imagine **multiframe** (multicadru) – tablou de imagini numite cadre, reprezentate în Matlab ca tablouri 4-dimensionale, a patra dimensiune fiind numărul cadrului ( $m * n * 3 * nr\_cadre$ );
- **image RGB** (Red-Green-Blue, image color) – fiecare pixel este reprezentat de trei valori, câte una pentru fiecare componentă: **roșu**, **verde** și respectiv **albastru**. (imaginea este stocată într-o matrice  $m * n * 3$ ).

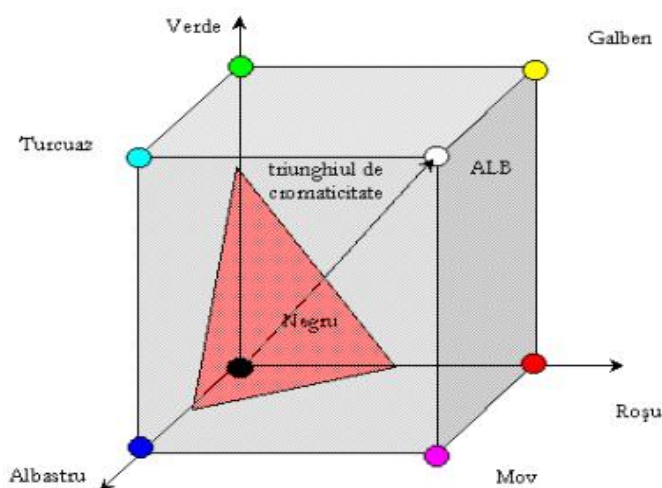


Figura 27 – Spațiul culorilor

---

Fiecare punct din imagine (pixel) este un vector 3D în spațiul culorilor primare (R,G,B)

Funcția folosită pentru deschiderea fișierelor ce contin imagini este **imread**:

`I = imread(FILENAME,FMT);`

unde: -I este matricea în care va fi stocată informația,

FILENAME este numele fișierului imagine;

FMT este formatul fișierului.

Vizualizarea imaginilor se poate face folosind funcția **imshow**:

**imshow(I);**

Funcția folosită pentru salvarea imaginilor într-un fișier pe discul dur, într-un format standard suportat de către mediul Matlab este **imwrite**:

`imwrite(A, FILENAME, FMT)`

, unde: -A este matricea imagine,

FILENAME este numele fișierului în care să fie stocată imaginea

FMT este formatul dorit al fișierului.

Funcția **imfinfo** este folosită pentru aflarea informațiilor despre un fișier imagine.

Exemple de funcții de conversie a imaginilor:

- **dither** – creează o imagine binară dintr-o imagine grayscale și o imagine indexată dintr-o imagine RGB;
- **gray2ind** – creează o imagine indexată dintr-o imagine grayscale;
- **im2bw** – creează o imagine binară dintr-o imagine indexată sau dintr-o imagine RGB;
- **rgb2gray** – creează o imagine grayscale dintr-o imagine RGB;
- **rgb2ind** – creează o imagine indexată dintr-o imagine RGB.

---

## 5.2 Pași algoritm

### I. Primul pas al acestei părți a fost achiziționarea de imagine de la camera.

```
vid = videoinput('winvideo', 1);  
set(vid, 'ReturnedColorSpace', 'RGB');  
img = getsnapshot(vid);  
imwrite(uint8(img), 'C:\proba.jpg');  
  
[I,map]=imread('C:\proba.jpg');  
figure(1); imshow(I);
```

La imaginile de pe camera sunt făcute capturi. Acestea sunt salvate pe calculator mereu sub același nume și citite ulterior pentru a fi afișate. Este salvată și afișată imaginea originală în prima figură.

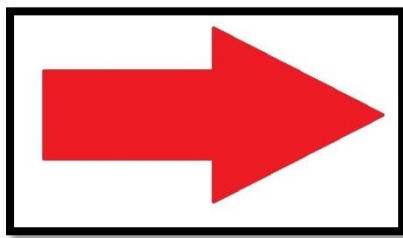
### II. Al doilea pas este cel de selecție a pixelilor de interes.

Mi-am propus ca mașina să fie ghidată după sensul săgeților (înainte, înapoi, stânga, dreapta). Culoarea săgeților este roșu deci pragul de roșu (R) va trebui să fie aproape maxim (255) iar celelalte praguri (G,B) cât mai mici, acest lucru fiind posibil în condiții ideale de luminozitate, umbre, intensitatea culorii sau alți factori externi.

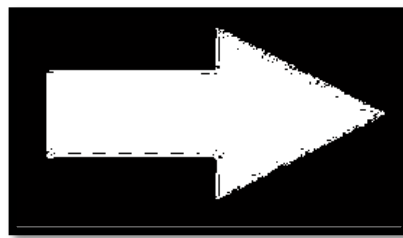
Extragerea culorii roșu din cele trei componente primare și transformarea acesteia într-o imagine alb-negru (unde se va detecta culoarea roșie alb -255 în rest vom avea negru -0 )

```
In = (I(:, :, 1) > 200 & I(:, :, 2) < 20 & I(:, :, 3) < 20);
```

Codul culorilor este un vector cu trei valori [R G B], unde R, G, B au valori în intervalul [0; 1].



Imagine originală



Imagine după selecție

Figura 28 –Figuri surprinse la pasul II

### III. Al treilea pas este extragerea caracterului din imagine

Numărul de coloane și de linii va depinde de rezoluția camerei pe care o folosesc. Rezoluția unei imagini este distanța minimă dincolo de care culoarea și strălucirea imaginii se schimbă. Definiția mai folosită este dată de numărul total de pixeli cuprinși în imagine, pe cele două dimensiuni.

După cum am precizat parcurgerea imaginii se face ca o matrice de dimensiune [rezoluție verticală, rezoluție orizontală]. Imaginea din care este selectat simbolul este o matrice de pixeli de doar două valori (0 și pixeli diferiți de 0 (255)). În ciclul de baleiere a imaginii se va începe din colțul din stânga sus, se vor căuta limitele sus, jos, stânga, dreapta ale simbolului pe care vreau să îl extrag.

```
for i=1: lin
    for j=1: col
        if In(i,j)>0
            if i<up, up=i; end
            if i>down, down=i; end
            if j<left, left=j; end
            if j>right, right=j; end
        end
    end
end
```



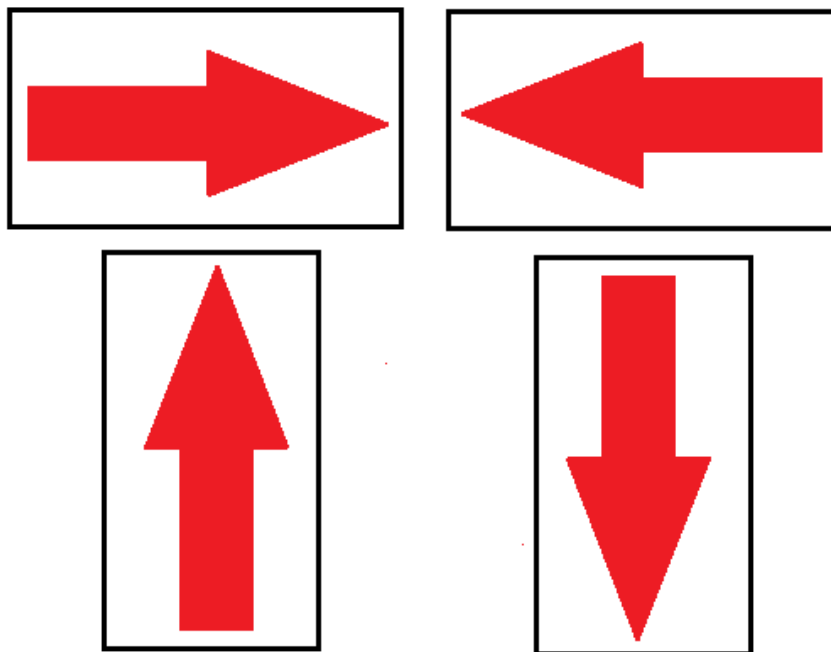


Figura 28- Forma săgetilor detectate

Programul testează dacă s-a găsit simbol: dacă s-a găsit se va trece la pasul următor, dacă nu se va afișa un mesaj corespunzător .

**IV. Pasul patru este redimensionarea**

Am ales sa redimensionez imaginea cu simbolul extras la o dimensiune fixă de [20,20].

**V. Creerea unei baze de date cu imagini de referință**

Redimensionarea imaginii se face pentru a se putea face o comparare cu imaginile de referință din aceasta baze de date.

---

## 5.3 Transmiterea datelor spre robot

Datele sunt transmise serial de la calculator spre bluetooth-ul robotului, date care sunt trimise apoi la microcontroler unde sunt prelucrate potrivit.

Funcțiile pe care le-am folosit pentru deschiderea portului dorit pentru transmiterea informațiilor, scrierea acestor precum și închiderea se fac cu următoarele funcții ale Matlab-ului:

- **[nume pentru port - bluetooth] = serial('COM3');**- construiește un obiect de port serial, dacă portul nu va fi găsit, nu mă voi putea conecta pentru alte operații pe care le doresc să le fac pe portul respective (scris, citit, închis)
- **fopen(blueetooth)**-pentru a comunica cu dispozitivul. Un singur port serial poate fi deschis la un moment dat.
- **fwrite(blueetooth,'z')**- scriu pe port
- **fclose (blueetooth)**- închid portul

Pentru transmitere serială Matlab-ul are și alte funcții cum ar fi cea de citire a datelor de la dispozitivul conectat la portul serial obiect **fscanf(blueetooth)**, funcție de ștergere - **delete(blueetooth)**, etc.

Tot în idee de interpretare a imaginilor de la camera web de pe mașinuța, în acest mediu de dezvoltare se poate face o transmitere în mod real a imaginii. Această metodă va fi atașată în anexa.

Bineînțeles aceasta aplicație poate fi dezvoltată pentru o plajă mai mare de simboluri pentru comanda mașinuței, cum ar fi comandă de STOP, comanda de ÎNAINTE- DREAPTA, ÎNAPOI STÂNGA, etc. Deasemenea se poate face o selecție nu de săgeți ci de caractere, de exemplu pentru înainte să avem nevoie de o recunoaștere de un caracter U, pentru înapoi –D și așa mai departe. Acest lucru poate fi preluat și în cazuri reale, de exemplu pentru detectarea unui semn de circulație, obstacol și așa mai departe. Se poate dezvolta dealtfel o interfață grafică care va putea face o urmărire a procesului mai bine structurată și o afișare mai elegantă.

Un alt mod prin se poate dezvolta această aplicație ar fi prin folosirea unei rețele neuronale.

Această aplicație, la fel cum este controlată mașinuța cu ajutorul senzorilor cu ultrasunete, a venit în ideea de a consolida ideea de control autonom, pe baza caruia se dezvoltă cât mai multe aplicații



Figura 29- Transmiterea informațiilor

Pe scurt în rularea programului: se va căuta portul pe care este bluetooth-ul mașinuței, se va deschide, apoi se vor trimite informațiile pentru care microcontrolerul unde este dezvoltată partea de comanda a motoarelor pentru direcții.

Mașina intra în modul de funcționare autonom (deciziile vor fi luate după datele procesate și dezvoltate în soft).

Se vor parcurge pașii pe care i-am descris anterior într-o buclă. După potrivirea imaginii capturate de camera web, se face transmiterea direcției potrivită sensului săgeții. Pentru fiecare direcție se testează câte patru compatibilități cu simbolurile din baza de date.

Deciziile sunt susținute de mesaje pentru a putea urmări corectitudinea informațiilor transmise.

---

## 6 Proiectarea circuitelor și a cablajelor

### 6.1 Mediul de dezvoltare

Pentru cablaj la toate plăcuțele electronice am folosit ca mediul de dezvoltare **Eagle 6.4.0**.

Acesta este un program de proiectare PCB de calitate și oferă un editor schematic, un editor de layout și module editor de bibliotecă cu interfețe identice.

Lansarea acestuia în execuție ()

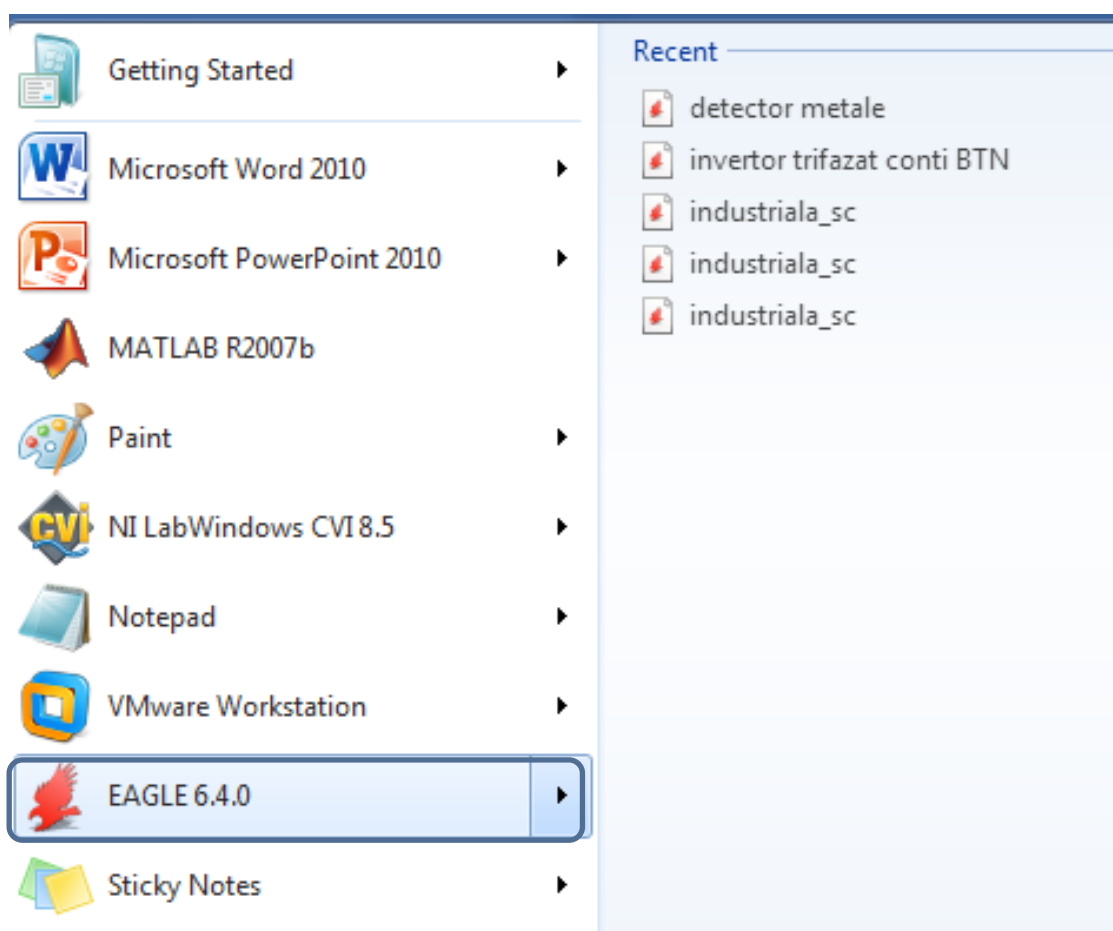


Figura 29- Lansare în execuție Eagle

Am realizat în acest program schema inverterului trifazat după cum este ilustrat în figurile următoare:

---

Acest program după cum am precizat oferă posibilitatea de a ne construi schema electrică prin utilizarea componentelor din bibliotecile proprii, posibilitatea de a crea o bibliotecă, se poate genera un simbol și se pot alege dimensiunile pentru componente, generează schemei electrice schema electrică pentru cablaj, alegerea numărului de straturi ale plăcii, diametrul găurilor pentru gauri și multe alte reglări, după cerințele impuse sau alegerea utilizatorului. Construirea traseelor se poate face manual dar se poate și genera automat. Alegerea unui poligon pentru masa circuitului este deasemenea venit în favoarea utilizatorului.

Eagle-ul este un program care oferă o formă de proiectare a schemelor într-un mediu primitiv, cu o gamă largă de posibilități de dezvoltare a circuitelor electrice.

În cele ce urmează se prezintă în mare pașii cu care au fost finalizate circuitelor electrice pentru asamblarea în bună funcționalitate a mașinei.

La schema pentru cablaj am urmărit deasemenea recomandările pentru o proiectare cât mai rezistent.

- lățimea minimă a traseelor trebuie să fie de 0,6 mm, iar distanța dintre ele (la tensiuni mici), cel puțin 0,8 mm;
- lățimea conductoarelor imprimate, strabatute de curenți mari, se calculează pe baza densității de curent admisibile
- am folosit conductoarele rotunjite, pentru că nu prezintă zone cu mari concentrări de câmp electric

---

## 6.2 Invertorul trifazat pentru comanda motoarelor

S-a realizat schema electrică prin aducerea componentelor din biblioteci, ajustarea sau formarea de noi biblioteci cu noi simboluri unde a fost cazul (pentru circuitele integrate BTN8960).

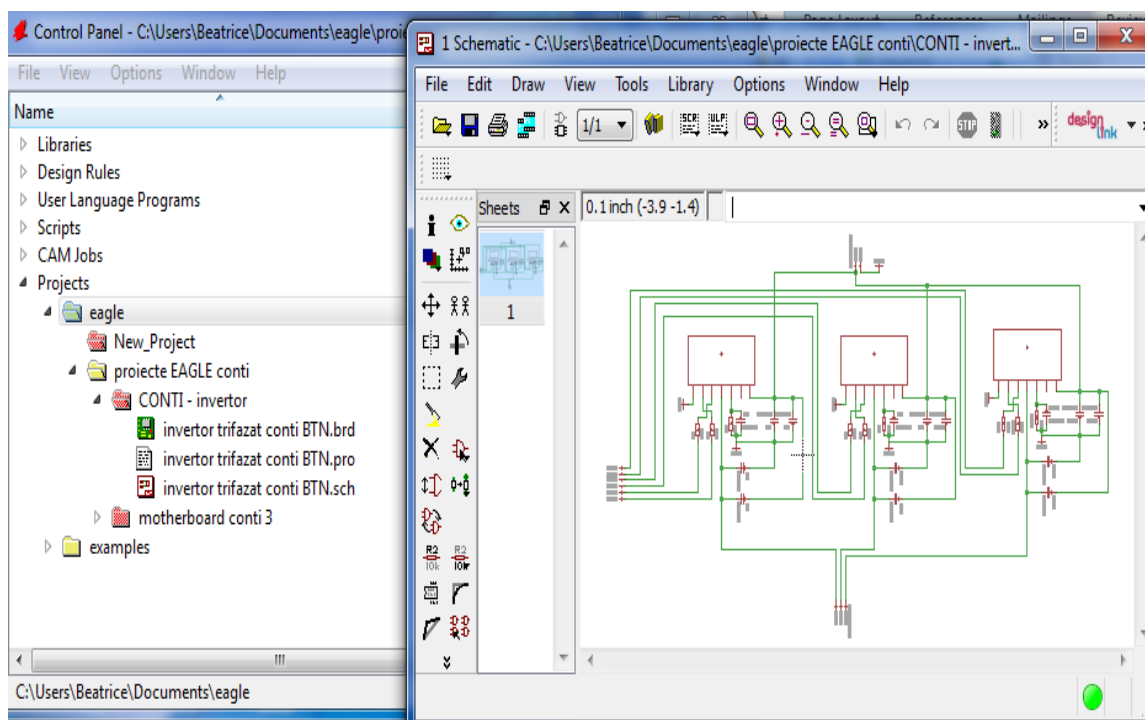


Figura 30- Creare proiect pentru invertor

În figura 31 este prezentat schema electrică a invertorului trifazat

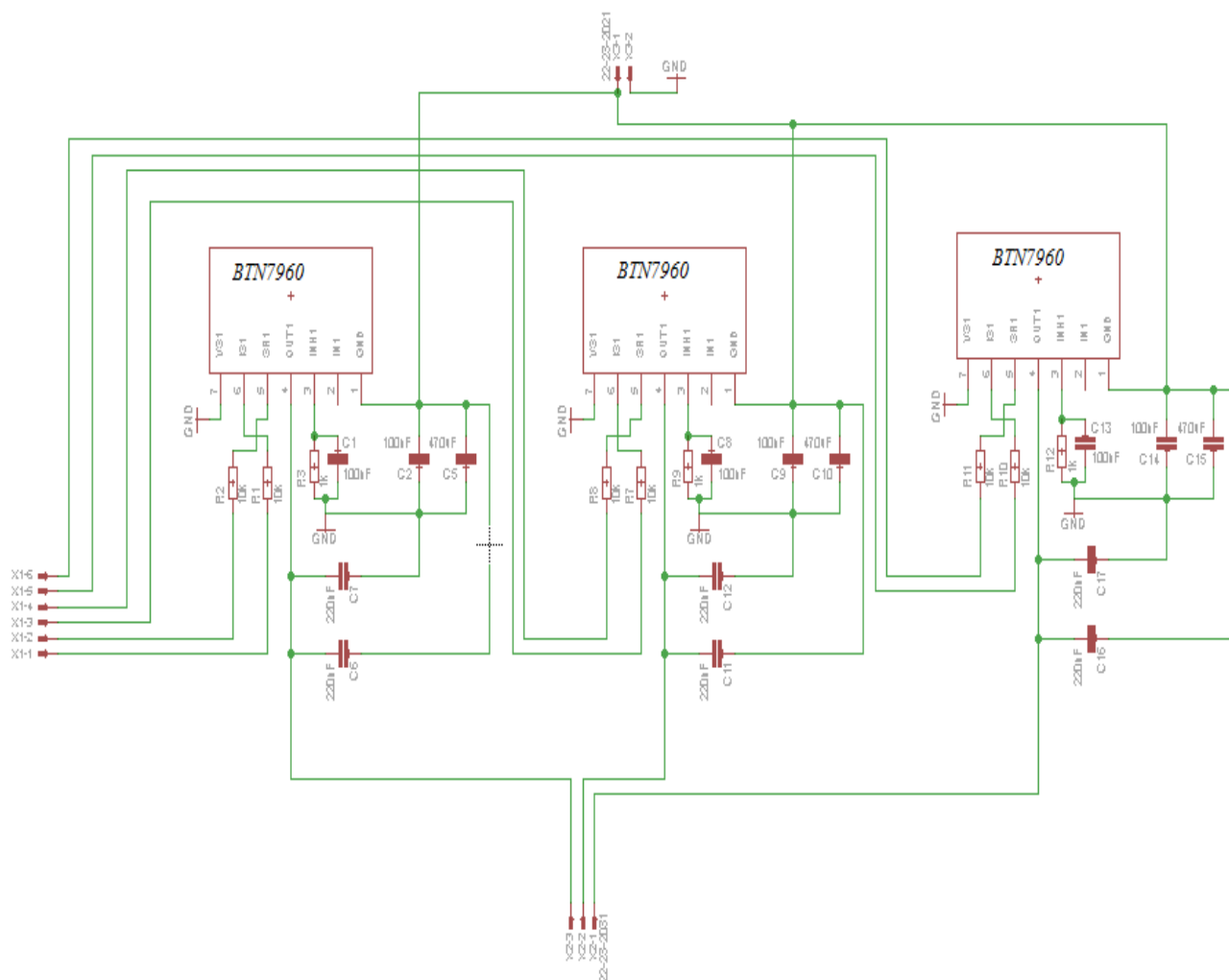


Figura 31 Schemă electrică inverter

Pe intrarea INH ale BTN-ului sunt filtre RC, pe ieșiri sunt condensatoare pentru filtrare atât pentru înalta frecvență (am folosit condensatoare de 100nF) cât și pentru joasă frecvență (condensatoare de 470uF).

Condensatoarele de 220nF sunt pentru evitarea oscilațiilor de pe ieșire.

Rezistențele de pe intrări sunt pentru protecție.

În figura următoare este schema pentru cablaj inverterului :

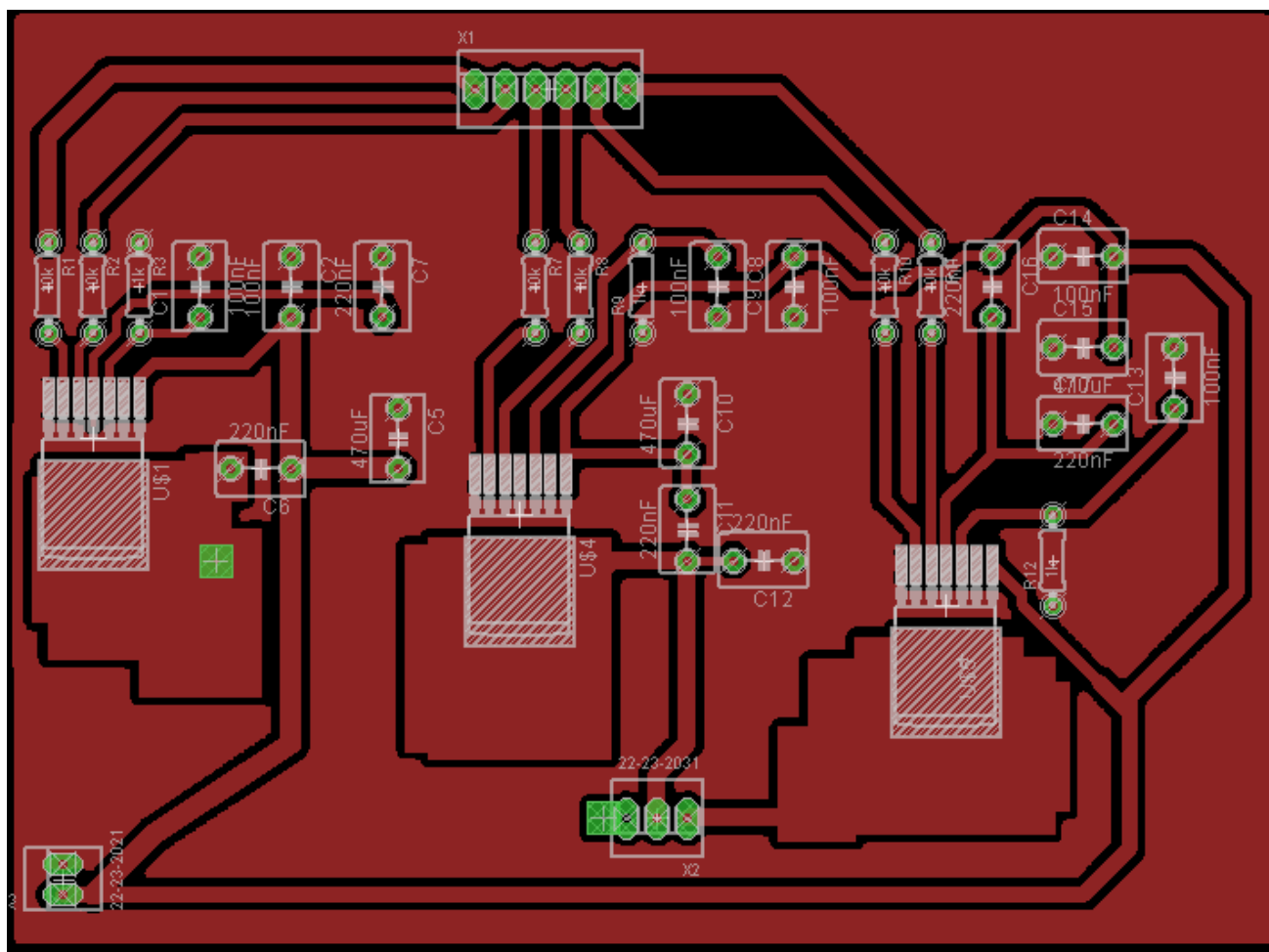


Figura 32 -Layout inverter

În cele ce urmează se poate observa formele de undă de la osciloscop la comanda de înainte, înapoi, dreapta și nitro (funcție de accelerare) a mașinei : Capturile sunt facute la aceeași frecvență la toate testele de pe fazele inverterului de pe partea stângă a mașinei.



Faza 1 →

Faza 2 →

Faza 3 →

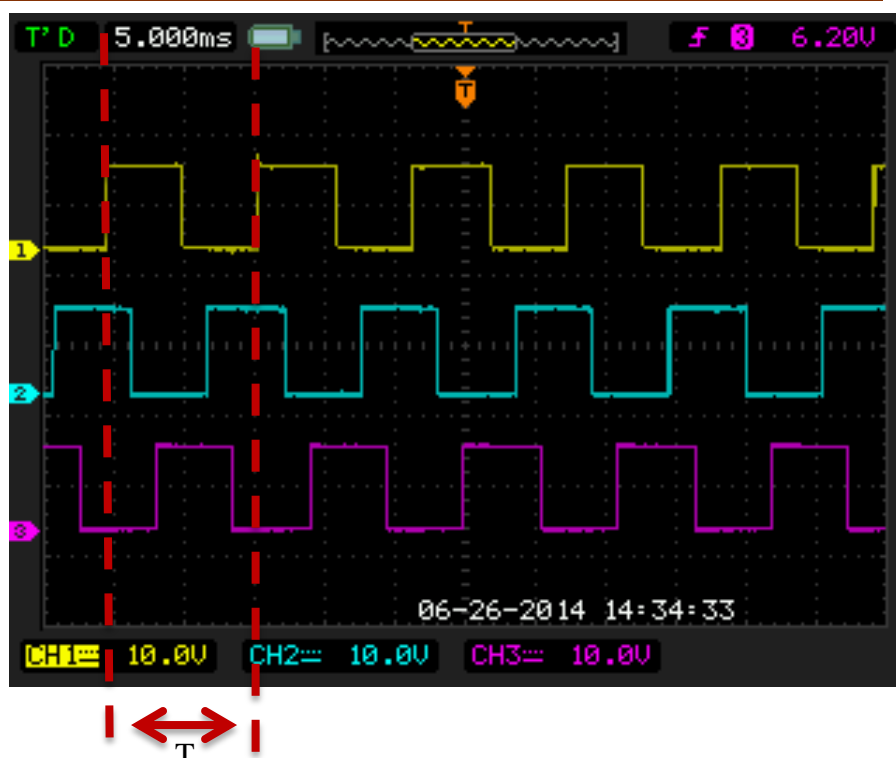


Figura 18.1-Formele de undă pe cele trei faze pentru înainte

Faza 1 →

Faza 2 →

Faza 3 →

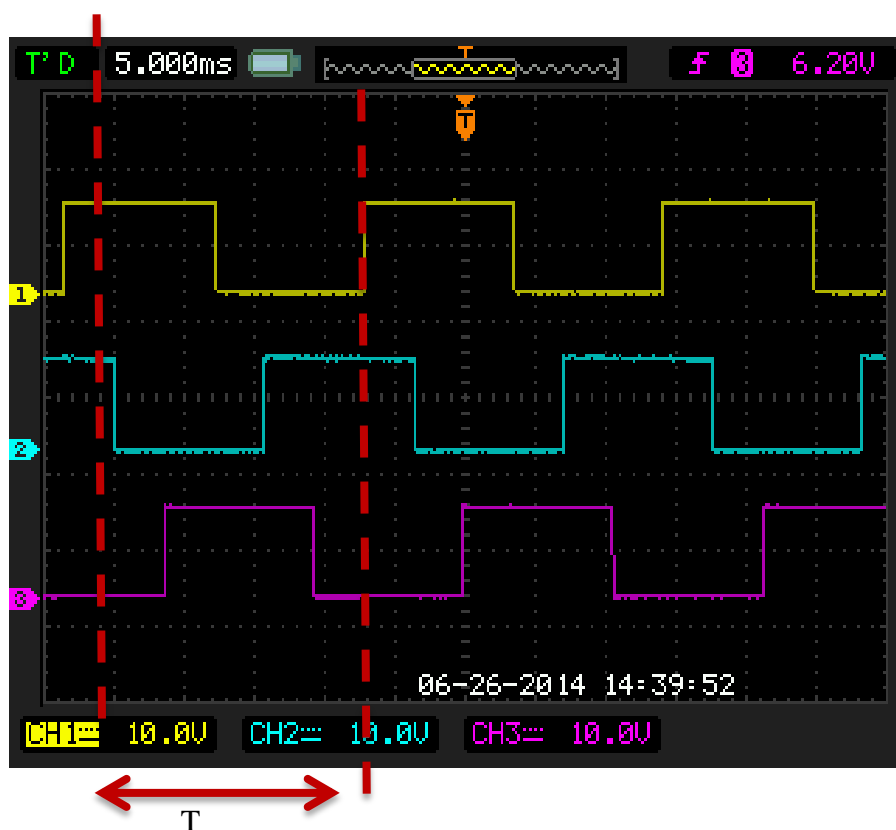


Figura 18.2-Formele de undă pe cele trei faze pentru stânga

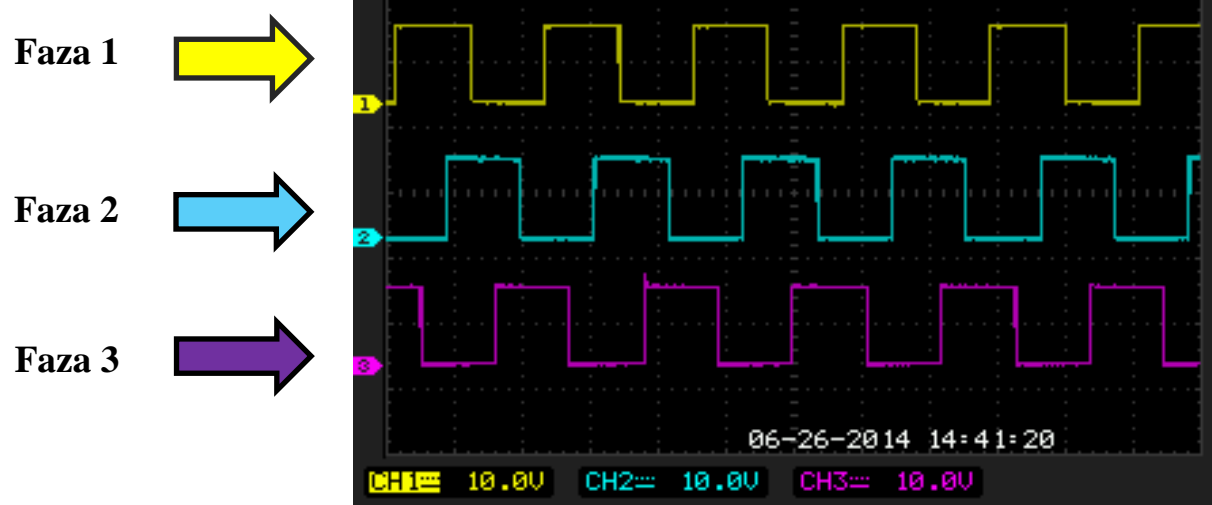


Figura 18.3-Formele de undă pe cele trei faze pentru înapoi

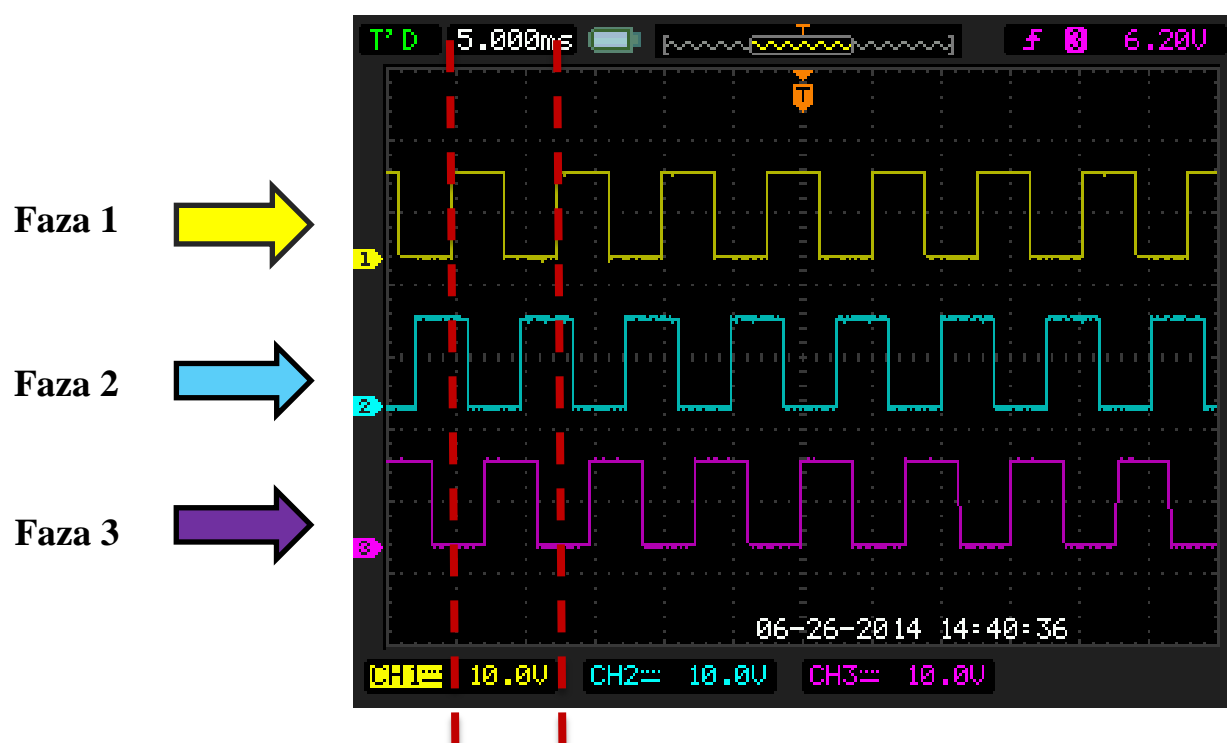


Figura 18.4-Formele de undă pe cele trei faze pentru nitro

---

Se observă modificarea duty cycle-ului în funcție de comanda acestora. De exemplu când se dorește virarea spre stânga roata de pe partea stângă a șasiului va trebui să se învârtă mai încet, ceea ce înseamnă o frecvență mai mică a semnalului PWM pentru inverterul de pe motorul de la roata din stânga.

**Pentru înainte** avem 10ms (milisecunde) pe o perioadă => o frecvență de 100Hz (Herți).

**Pentru stânga** avem 20 ms pe o perioadă => o frecvență de 50Hz (Herți)

## 6.3 Detector de metale

Schema electrică:

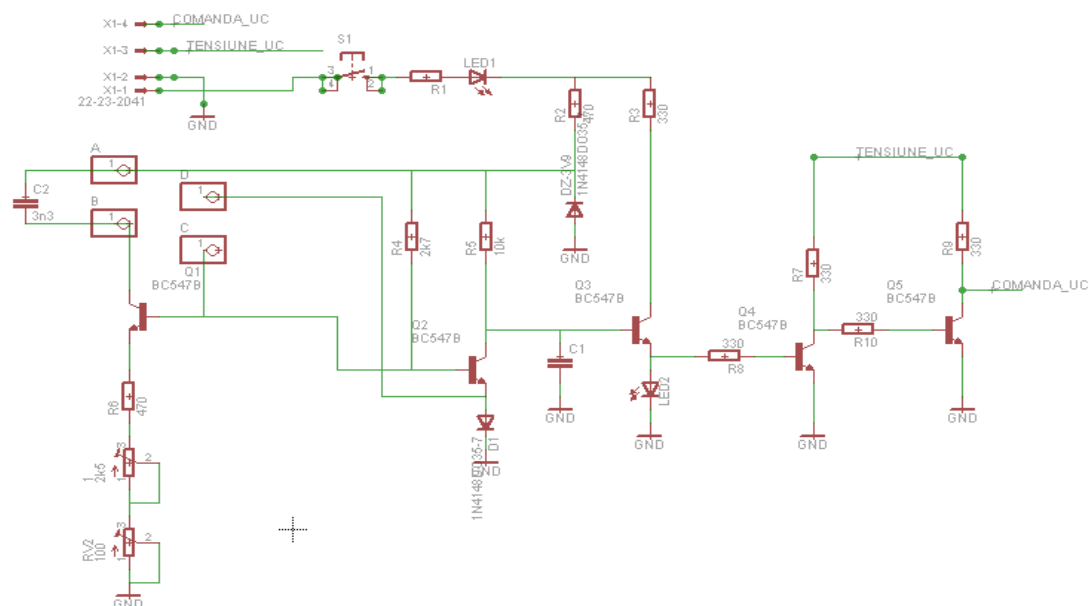


Figura 33- Schemă electrică pentru detectorul de metale

Schema pentru cablaj detectorului:

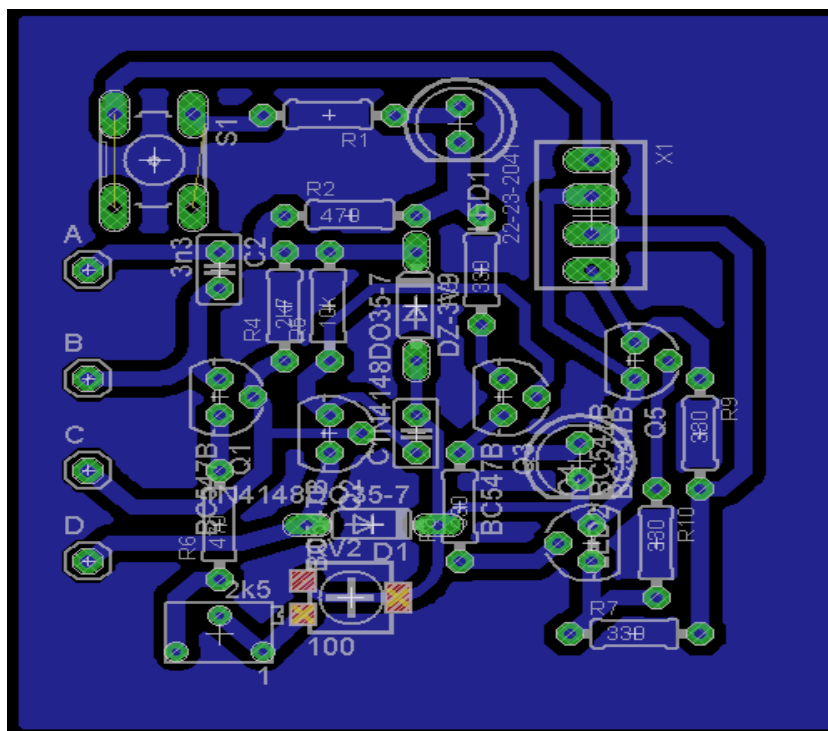


Figura 34-Schemă cablaj detector de metale

## 6.4 Placa de bază

În continuare se prezintă schema electrică și layout-ului plăcii de bază a părții practice:

////completat cu ce mai e pe placa de baza pic etc

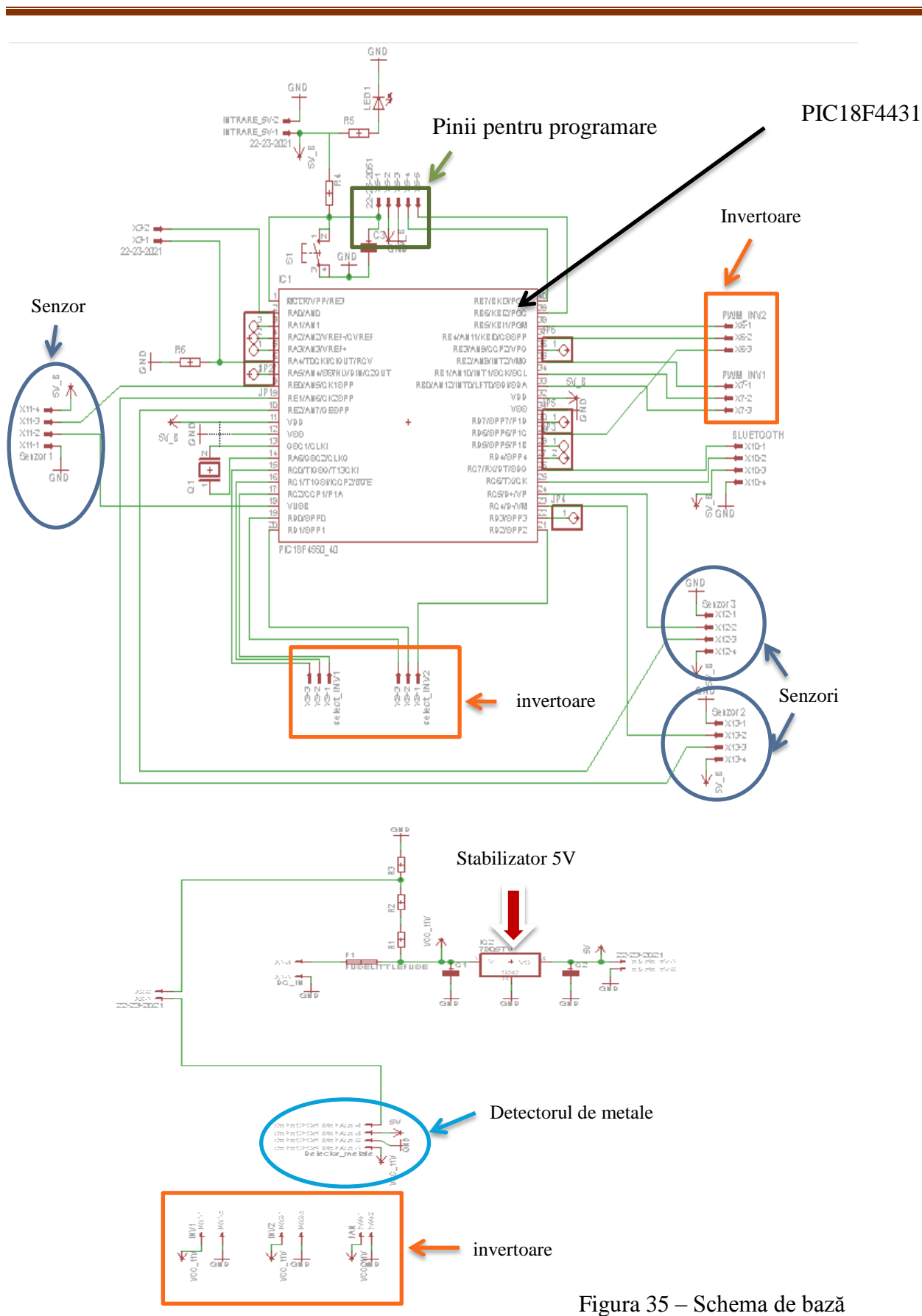


Figura 35 – Schema de bază

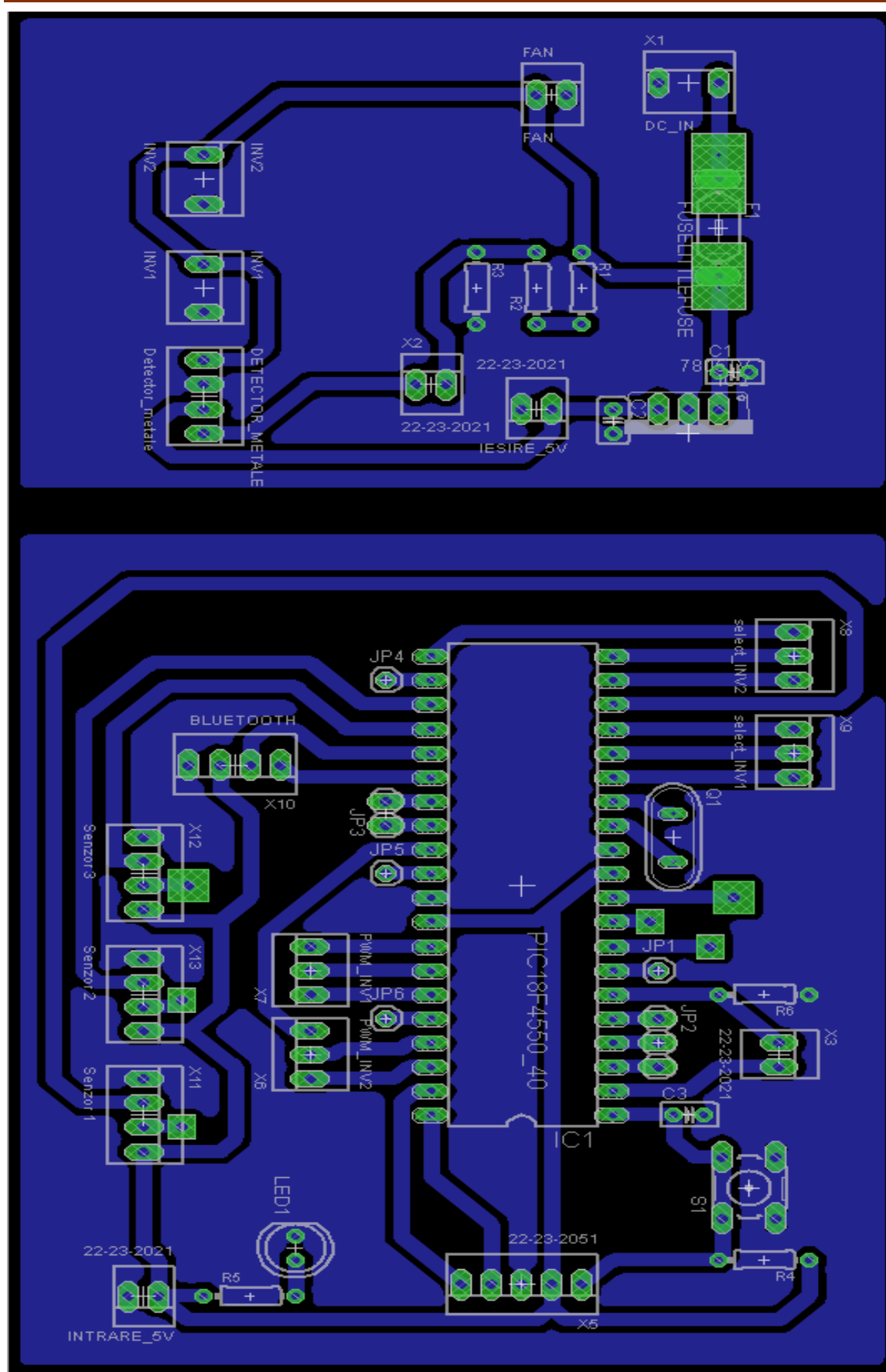


Figura 36– Layout placa de bază

---

## 6.4 Pași pentru realizarea unui cablaj imprimat

Montarea pieselor a fost realizată pe un PCB-(cablaj imprimat )-**Printed Circuit Bord**.

Un PCB nu este altceva decât un suport mecanic pentru componentele electronice dintr-un circuit. Componentele electronice sunt conectate între ele prin niște trasee de material conductor, care de cele mai multe ori este din cupru.

În funcție de metoda prin care sunt realizate aceste trasee avem PCB-uri obținute prin:

- corodare
- depunere
- frezare mecanică.

Metoda corodării plăcii de cupru poate fi aplicată pentru a obține plăci imprimate cu cel mult două straturi de trasee. Cel mai la îndemână este realizarea de cablaje imprimate prin metoda corodării. Acesta oferă rezultate foarte bune la un preț redus.

Prin cablaj înțelegem o placă stratificată care conține cel puțin un strat de material izolator și cel puțin un strat de material conductor, prin intermediul celui din urmă realizându-se traseele care conectează componentele electronice de pe placă.

Pentru realizarea cablajului am folosit: o placă PCB, fotorezist pozitiv, clorură ferică și soda caustic.

Etapă premergătoare imprimării traseelor pe placa de cablaj este cea de curățare a plăcii, apoi placa a fost acoperită cu o vopsea fotosensibilă pentru care se așteaptă 30-35 minute, pentru ca aceasta să se usuce.

Layout-ul a fost imprimat pe o folie pentru retroproiector (o folie transparentă), pe o scară 1:1. Este foarte important ca imaginea imprimată să fie în raport de unu la unu, adică dimensiunea reală a traseelor și footprinturilor componentelor. Folia transparentă cu imaginea imprimată trebuie așezată în așa fel încât traseele să nu fie oglindite

Bucata de cablaj cu folia fixată peste stratul de vopsea fotosensibilă este expusă la lumină cu radiații ultraviolete. Expunerea a fost făcută pe decursul a opt minute, timpul de expunere contând foarte mult de sursa de lumină folosită și distanța față de cablaj. Dacă este expus mai mult traseele se vor subția sau vor dispărea.



---

Folia reproproiectoare a fost fixată sa stea perfect întinsă pe cablaj

După expunere, cablajul a fost dezvoltat într-o soluție de sodă caustică. Developarea depinde de concentrația sodei și la sfârșitul acesteia rămâne desenul circuitelor. La contactul cu soluția de developare, substanța care a fost expusă la lumina ultravioletă se dizolvă și se îndepărtează. Placa expusă nu trebuie ținută foarte mult timp în soluția de developare, pentru că există riscul ca substanța de developare să acționeze și asupra porțiunii neexpuse la lumina ultravioletă.

După developare, se spală circuitul foarte bine și apoi se introduce în soluție de clorură ferică (corodare). Timpul de corodare este proporțional cu suprafața de cupru ce necesită a fi corodată.

După corodare circuitul este spalat și va servi drept support pentru componentele electronice de circuit din echema electrică.

În imaginile de mai jos se pot observa rezultatele acestui proces:

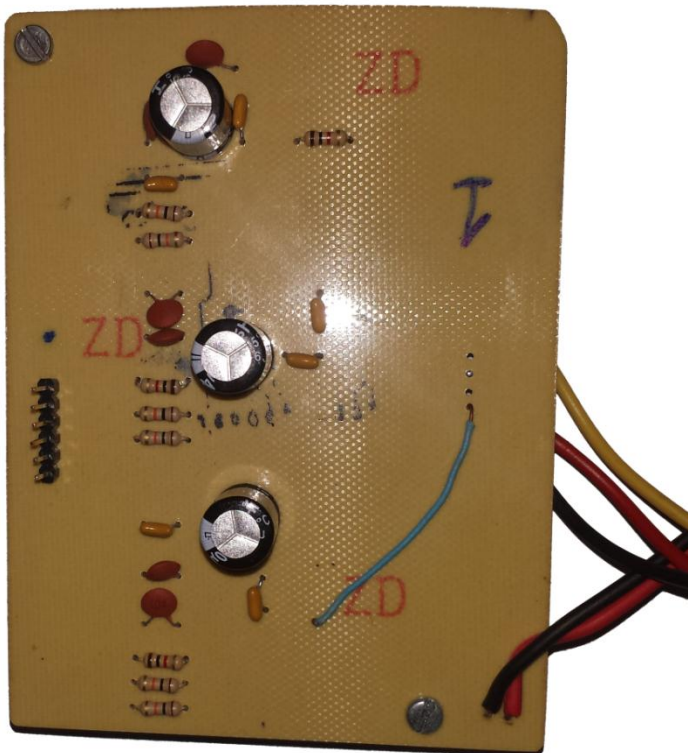
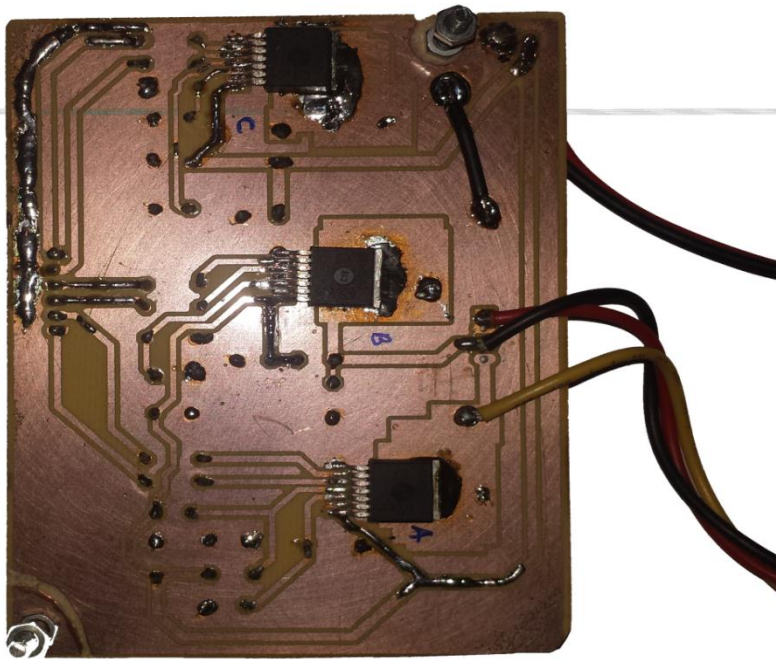




Figura x-Detectorul de metale (fără bobină)

// imagine cu masinuta si cu placa de baza

/// scriu despre alimetare Principala sursă de energie este bateria de LiPo 11.1V ce furnizează până la 4000mAh.

Monitorizarea încărcării acesteia se face printr-un divizor rezistiv a cărui ieșire este conectată la un canal al convertor analog-numeric al microcontrolerului.

In afară de cele două invertoare care se alimentează direct la 11.1 V , celelalte componente se alimentează la 5V, respectiv 3.3V.

---

## 7. Concluzii

---

## Bibliografie

1. <http://en.wikipedia.org>
2. <http://msdn.microsoft.com>
3. <http://www.robotics.ucv.ro>
4. <http://teodorachiriac25.blogspot.com/>
5. <http://miciifizicieni2.blogspot.com/>
6. <http://ro.wikipedia.org>

## Anexe