



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00992**

(22) Data de depozit: **28/11/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/07/2020** BOPI nr. **7/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**29/06/2018** BOPI nr. **6/2018**

(73) Titular:  
• **UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE"**  
**DIN SUCEAVA, STR.UNIVERSITĂȚII,**  
**NR.13, SUCEAVA, SV, RO**

(72) Inventatori:  
• **CĂILEAN ALIN-MIHAI,**  
**CALEA BUCOVINEI NR.61, BL.V11, SC.A,**  
**AP.5, CÂMPULUNG MOLDOVENESC, SV,**  
**RO;**  
• **DIMIAN MIHAI,**  
**STR. PROF. LECA MORARIU, NR. 11A,**  
**BL. A5, SC. A, AP.18, SUCEAVA, SV, RO;**  
• **DONE ADRIAN, STR.MIHAI VITEAZU**  
**NR.56, BL.L, SC.C, AP.4, SUCEAVA, SV,**  
**RO;**

• **OLARIU ELENA DANIELA,**  
**STR. PRIVEGHETORII NR. 18, BL. 40,**  
**SC. A, AP. 14, SUCEAVA, SV, RO;**  
• **COJOCARIU LUCIAN NICOLAE,**  
**STR.IACOB ZADIK NR.1, BL.64, SC.C,**  
**AP.11, SUCEAVA, SV, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**ALIN CĂILEAN ET AL., "DESIGN AND**  
**IMPLEMENTATION OF A VISIBLE LIGHT**  
**COMMUNICATIONS SYSTEM FOR**  
**VEHICLE APPLICATIONS",**  
**TELECOMMUNICATIONS FORUM**  
**(TELFOR), 21st, PP. 349-352, BELGRADE,**  
**2013; US 2016095182 A1;**  
**WO 2013019135 A2; CN 102254441,**  
**CN 107123292**

(54) **SEMAFOR INTELIGENT CU CAPACITATE DE TRANSMITERE  
DE DATE**



# RO 132689 B1

1 Inventția se referă la un semafor inteligent, destinat transportului rutier, în vederea  
creșterii vitezei de reacție a participanților la trafic.

3 În scopul creșterii siguranței rutiere, este cunoscut un sistem de control inteligent al  
semafoarelor (**CN 104392616 A**, "Intelligent traffic light control system and method",  
5 04.03.2015) care constă în existența mai multor camere de luat vederi, a unor module de  
procesare a imaginii, module de comunicații, module de control al luminilor semaforului și  
7 module cu panouri solare, fiecare cameră de luat vederi fiind utilizată pentru a obține o  
imagine a vehiculelor existente în dreptul unui semafor; fiecare modul de procesare a  
9 imaginii este utilizat pentru prelucrarea imaginilor înregistrate de camera respectivă; fiecare  
modul de comunicație este utilizat pentru transmiterea datelor prelucrate către o intersecție  
11 asociată cu modulul de comunicație respectiv; fiecare intersecție care primește datele  
corespunzătoare ajustează timpul luminii semaforului corespunzător prin modulul de  
13 comandă aferent, în funcție de fluxul de trafic, astfel încât să se reducă starea de congestie  
a intersecției cauzate de alocarea incorectă a timpilor de semaforizare; modulul cu celule  
15 solare este utilizat pentru alimentarea întregului sistem de control. Sistemul prezintă  
dezavantajul că timpii de răspuns la situația din trafic sunt relativ mari, iar sursa de  
17 alimentare nu prezintă o modalitate de stocare a energiei atunci când valoarea ei depășește  
parametrii nominali ai sistemului sau pentru situația în care condițiile meteo nu permit  
19 furnizarea unei cantități suficiente de energie pentru alimentarea sistemului.

O altă soluție inovativă pentru îmbunătățirea traficului rutier este reprezentată de  
21 utilizarea comunicațiilor fără fir între infrastructura rutieră și automobilele ce se pregătesc să  
pătrundă în intersecție. În acest caz, sunt considerate mai multe soluții bazate fie pe  
23 comunicații fără fir, în banda de frecvență de 5,9 GHz, reglementate de standardul IEEE  
802.11p și definite în literatura de specialitate ca Dedicated Short Range Communications  
25 (DSRC), fie pe comunicații prin lumină vizibilă (VLC) reglementate de standardul IEEE  
802.15.7. Dezavantajul soluțiilor bazate pe standardul 802.11p constă în faptul că, atunci  
27 când pe o rază relativ redusă există un număr mare de autovehicule, sistemele DSRC pot  
fi afectate de interferențe mutuale, ceea ce poate duce la introducerea de întâzieri  
29 incompatibile cu aplicațiile de siguranță rutieră. În acest sens, este cunoscut un sistem de  
transport inteligent bazat pe comunicații prin lumină vizibilă LED (**CN 102610115 A**,  
31 "Intelligent traffic system based on light emitting diode (LED) visible light communication",  
25.07.2012) capabil să transmită o informație de trafic, în timp util, folosind lumina de  
33 semnalizare LED emisă de semnalul de avertizare al unui semafor și/sau al unui vehicul.  
Sistemul include surse de semnalizare cu LED drept transmițător optic și receptoare optice.  
35 Sursele de semnalizare cu LED-uri transmit un semnal de avertisment ce conține condițiile  
de drum. Această soluție prezintă următoarele dezavantaje: nu se poate adapta în timp real  
37 la condițiile de mediu și nu obligă vehiculul să se adapteze automat la condițiile de mediu și  
trafic pentru a reduce posibilitatea de apariție a accidentelor rutiere, ci este doar un sistem  
39 de avertizare pentru operatorul vehiculului în care este amplasat receptorul semnalelor  
transmise de sistem. De asemenea, sistemele de control al traficului bazate pe comunicațiile  
41 cu lumină vizibilă pot fi afectate de o serie de factori externi, precum zăpada, ploaia, ceața  
densă sau particule de praf ce pot afecta trecerea luminii, reducând puterea semnalului ce  
43 ajunge la receptor, sau pot introduce o serie de modificări, cum sunt reflexia sau dispersia  
fasciculului de lumină, ceea ce duce la o scădere semnificativă a performanțelor  
45 comunicației. Mai mult de atât, radiația solară este mult mai puternică decât semnalul  
luminos care conține informațiile, fapt ce face mult mai grea decodarea datelor, iar soluția  
47 prezentată anterior nu rezolvă aceste probleme.

# RO 132689 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în scăderea incidenței accidentelor rutiere prin realizarea unei căi de comunicație directe, adaptabilă la condițiile de mediu, între semaforul inteligent cu funcție de semnalizare rutieră și autovehiculele rutiere. În concordanță cu cele descrise mai sus, semaforul inteligent propus are capacitatea de a îmbunătăți performanțele sistemelor de comunicații prin lumină vizibilă LED (VLC) existente printr-o adaptare a modului de funcționare la condițiile de mediu în vederea alinierii performanțelor cu cerințele impuse în aplicațiile de siguranță rutieră activă bazate pe comunicații fără fir.

În contextul de mai sus, comparativ cu alte sisteme de acest fel, semaforul inteligent, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că integrează în structura sa un semafor LED cu interfață logică, având ca sursă de alimentare principală o sursă de energie regenerabilă cu rezervă, astfel încât, indiferent de condițiile de mediu, alimentarea sistemului să nu fie întreruptă, un modul de procesare a datelor și de control ce comandă LED-urile prin intermediul unui comutator digital, iar pentru evaluarea condițiilor de mediu și identificarea factorilor ce ar putea afecta comunicația optică, modulul de procesare și control utilizează o serie de senzori exteriori, prin intermediul cărora semaforul inteligent poate evalua factorii ce pot influența semnificativ calitatea comunicației (intensitatea radiației solare, poziția relativă a soarelui, umiditatea, ceața, ploaia, zăpada, praful), asigurându-se astfel o rată de eroare îmbunătățită în transmiterea informațiilor de trafic și menținerea legăturii între emițător și receptor chiar și în condiții exterioare neprielnice.

Avantajele implementării acestui semafor inteligent în sistemul de transport rutier sunt:

- capacitatea sistemului de a evalua factorii perturbatori din mediu ambiant, de a răspunde și de a se autoadapta la condițiile de mediu, în vederea maximizării performanțelor pentru contextul dat;

- costul redus;

- maximizarea eficienței comunicației optice și asigurarea utilizării optime a canalului de comunicație în condiții nefavorabile;

- conectivitatea îmbunătățită și toleranța superioară la perturbațiile exterioare, conform arhitecturii;

- favorizat de integrarea tehnologiilor de iluminare cu LED și de larga răspândire a semafoarelor, sistemul se va baza pe o infrastructură preexistentă, asigurându-se reducerea costurilor și facilitându-se astfel implementarea pe scară largă;

- compatibilitatea cu standardele și normele actuale;

- eficiență energetică, transmisia datelor făcându-se prin intermediul luminii folosite pentru semnalizare, fără un consum suplimentar de energie necesar asigurării puterii purtătoare de date, în acest caz semnalul optic în spectrul vizibil. Practic, aceeași lumină ce se emite în scopul semnalizării rutiere este folosită și ca purtătoare a informațiilor;

- independență energetică - sistemul folosește pe timp de zi energia solară, iar pe timp de noapte sau în condiții meteo nefavorabile, o sursă cu supercapacitori în care este stocată energia suplimentară, sursă ce prezintă avantajul unui număr de cicluri încărcare/descărcare foarte mare, de 500000 față de 300...2000 cicluri pentru acumulatorii uzuali, iar funcționarea supercapacitorilor nu este afectată de descărcările complete, așa cum se întâmplă în cazul acumulatorilor clasici;

- fiabilitatea sursei de energie regenerabilă cu rezerva sa, prin aceea că încărcarea și descărcarea supercapacitorilor se poate face mult mai rapid decât la acumulatori și, de asemenea, este asigurată funcționarea într-un interval de temperatură mult mai mare (poate funcționa la temperaturi începând de la -45°C);

# RO 132689 B1

- 1 - lipsa costurilor de licențiere, spectrul luminii vizibile nefiind reglementat;  
2 - potențial pentru viteze mari de transfer al datelor, având în vedere cei 400 de THz  
3 din spectrul vizibil;  
4 - creșterea siguranței și eficienței transportului rutier, prin creșterea gradului de  
5 informare și îmbunătățirea timpilor de reacție.

6 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1...3, care  
7 reprezintă, după cum urmează:

- 8 - fig. 1, schema bloc a semaforului inteligent cu capacitate de transmisie de date;  
9 - fig. 2, schema logică de funcționare a semaforului inteligent - relația funcțională  
10 dintre condițiile exterioare și modul de funcționare a semaforului inteligent;  
11 - fig. 3, structura sistemului de alimentare a elementului emițător.

12 Semaforul inteligent cu capacitate de transmisie de date este constituit, conform fig. 1  
13 și 3, dintr-un modul de emisie **E1**, reprezentat în fapt printr-un semafor cu leduri, montat în  
14 trafic și alimentat de la o sursă regenerabilă de energie **SER**, reprezentată în fapt, printr-un  
15 panou fotovoltaic **1**, care este rotit în mod continuu după soare prin intermediul unui motor  
16 cu actuator termomecanic **1'** bazate pe schimbarea de fază a materialului termoactiv, iar  
17 ca sursă suplimentară de alimentare a modulului de emisie **E1**, este folosită o baterie **1''** cu  
18 supercapacitori. Semaforul este conectat prin intermediul unui comutator digital **CD** la un  
19 modul de procesare a datelor și control **MPDC**, reprezentat în fapt, printr-un microcontroler  
20 ce se pretează a fi conectat la o rețea TCP/IP. Modulul **MPDC** preia informațiile venite de la  
21 cinci senzori exteriori montați pe structura emițătorului **E1**. Având în vedere că, în mediul  
22 exterior, performanțele sistemelor de comunicație prin lumină vizibilă sunt puternic influențate  
23 de condițiile atmosferice, semaforul conform invenției este dotat cu un senzor de lumină **S1**  
24 ce are rolul de a furniza informații despre intensitatea luminoasă a radiației solare, știut fiind  
25 faptul că radiația solară reprezintă cel mai important factor perturbator pentru comunicațiile  
26 prin lumină vizibilă. De asemenea, senzorul **S1** oferă informații și despre poziția relativă a  
27 soarelui în raport cu emițătorul **E1**, senzorul fiind reprezentat în fapt conform invenției,  
28 printr-o serie de fotodiode IR cu unghi de recepție de până la 30°, sensibile la componenta  
29 infraroșie a radiației solare, dispuse la unghiuri diferite, astfel încât să poată localiza poziția  
30 Soarelui atât pe axa orizontală, cât și pe cea verticală. Având în vedere că microparticulele  
31 de apă conținute în ceață sau cele de praf afectează trecerea luminii, cauzând fenomene de  
32 reflexie, refracție și dispersie, semaforul inteligent include în structura sa și un senzor de  
33 particule **S2** pentru detecția ceții și a prafului. Pentru determinarea cu exactitate a condițiilor  
34 de mediu, sistemul conține și un senzor de ploaie/zăpadă **S3**, iar pentru ca modulul MPDC  
35 al sistemului să poată face diferența între informațiile care indică ceață/praf sau  
36 ploaie/zăpadă, în componența semaforului inteligent se regăsesc și doi senzori de control:  
37 un senzor de temperatură **S4** și un senzor de umiditate **S5**.

38 Semaforul inteligent, conform invenției, poate funcționa fie independent, transmițând  
39 date prestabilite și/sau determinate intern cu ajutorul senzorilor externi, fie poate fi conectat  
40 în rețea cu un centru de comandă și control al datelor de trafic, putând fi comandat de la  
41 distanță. Semaforul realizat după structura prezentată anterior și în legătură cu fig. 2  
42 identifică factorii externi ce au capacitatea de a afecta sau chiar de a întrerupe conexiunea  
43 optică dintre emițătorul **E1** și un senzor optic (receptor optic) montat pe vehicul, și pe baza  
44 acestui proces de evaluare și cunoscând modul în care informațiile/condițiile respective  
45 acționează asupra comunicației optice, unitatea de procesare a datelor **MPDC** modifică  
46 parametrii comunicației în vederea adaptării la condițiile externe, cu scopul maximizării  
47 performanțelor. În acest fel, se poate asigura menținerea legăturii între emițător și receptor

# RO 132689 B1

chiar și în condiții exterioare neprielnice, prin realizarea unei analize a priorității datelor și în concordanță cu informațiile venite de la senzori într-un modul specific **MAP** al modulului **MPDC** al semaforului, care asigură o rată de eroare (BER) optimă în funcție de cerințele aplicației. Se asigură, astfel, utilizarea optimă a canalului de comunicații, maximizarea performanțelor sistemului, în concordanță cu factorii externi. În acest fel, pe baza informațiilor provenite de la senzorii externi **S1...S5** și în urma evaluării priorității datelor, microcontrolerul **MPDC** decide măsurile ce trebuie luate pentru a crește robustețea comunicației, semaforul inteligent devenind astfel adaptabil, în timp real, la condițiile de mediu. Altfel spus, el decide configurația optimă a semnalului, în vederea asigurării parametrilor comunicației și maximizării performanțelor.

Astfel, în concordanță cu informațiile recepționate de la senzorii **S1...S5**, microcontrolerul **MPDC** va decide, prin modulul său integrat **MM**, ce tip de modulație să utilizeze (On Off Keing - OOK, Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS), iar prin intermediul modulului integrat **MS**, va decide ce tip de codare să utilizeze (Manchester, Miller, Sequence Inverse Keying - SIK) și, implicit, ce viteză de transfer a datelor (11,67kb/s - 200 kb/s) să utilizeze.

Semaforul inteligent, conform invenției, atunci când senzorul de lumină **S1**, indică o intensitate mare a radiației solare (peste 20000 lux), iar soarele este poziționat într-o locație în care radiația sa este incidentă pe elementul fotosensibil al receptorului ce se apropie de emițătorul **E1**, sau în cazul în care senzorul **S2** indică ceață sau praf/fum foarte dens (vizibilitate sub 50 m), sau atunci când senzorul **S3** indică ploaie/ninsoare foarte puternică comparativ cu niște praguri prestabilite, va utiliza o modulație de tip Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) și codare Sequence Inverse Keying (SIK), modulație și codare ce asigură o robustețe superioară a comunicației, dar care reduce semnificativ viteza de transfer a datelor. Acest tip de modulație și codare se va utiliza și în cazul datelor de prioritate ridicată, pentru care se impune o rată de eroare (BER) redusă și o rată de recepție (PDR) a mesajelor ridicată.

Atunci când senzorul de lumină **S1** indică o intensitate a radiației solare sub 20000 lux sau atunci când soarele este poziționat într-o locație relativă din care radiația sa nu este direct incidentă pe elementul fotosensibil al unui receptor ce se apropie de semafor, sau atunci când senzorul **S2** de ceață, praf/fum indică o vizibilitate medie sau peste medie conform unor praguri prestabilite, sau atunci când senzorul **S3** indică ploaie/ninsoare sub pragurile maxime prestabilite, semaforul va utiliza pentru transmiterea datelor modulație de tip OOK, cu codare Manchester.

Senzorii **S4** și **S5** au rolul de a ajuta microcontrolerul **MPDC** să facă diferența între ceață și fum/praf, respectiv între ninsoare și ploaie. Astfel, diferența dintre ceață și praf se face pe baza temperaturii și umidității, în vederea determinării punctului de rouă, iar distincția dintre ploaie și ninsoare se face în funcție de temperatură, cu ajutorul senzorului de temperatură **S4**.

Modulația OOK, împreună cu codarea de tip Miller, se va utiliza în cazul aplicațiilor de tip Multiple Input Multiple Output (MIMO), codul Miller având o densitate spectrală de putere mult mai îngustă decât codul Manchester și prin urmare, fiind mult mai adecvat pentru aplicațiile de tip MIMO.

Având în vedere că în comunicațiile ce țin de siguranța rutieră, robustețea conexiunii este mult mai importantă decât viteza de transmisie a datelor și știindu-se faptul că vitezele mai mari de transmisie a datelor sunt mai sensibile la zgomot, ajustarea vitezei de transfer în concordanță cu condițiile de mediu reprezintă o caracteristică importantă a semaforului,

# RO 132689 B1

1 caracteristică ce are rolul de a maximiza eficiența și de a asigura robustețea informațiilor  
transmise. Astfel, viteza de transfer a datelor se va stabili în concordanță cu informațiile  
3 furnizate de senzorii de lumină **S1**, de ceață, praf/fum **S2**, ploaie/ninsoare **S3**, astfel încât,  
în condițiile unui canal optic nefavorabil, viteza de transfer a datelor să fie redusă, iar în  
5 condițiile unui canal optic lipsit de factori perturbatori, viteza de transfer a datelor să fie  
crescută.

7 După stabilirea parametrilor de comunicație (modulație, codare, viteză de transfer)  
unitatea de procesare și control **MPDC** construiește mesajul de transmis, mesaj ce conține  
9 informațiile de sincronizare reprezentate în fapt, printr-o secvență binară ce marchează  
începutul mesajului, preambulul mesajului reprezentat în fapt printr-o serie de informații  
11 suport pentru decodare (modulație, codare, viteză de transfer, lungime mesaj date, începutul  
secvenței de date), și datele de transmis, reprezentate în fapt prin informația utilă. Mesajul  
13 binar este transmis către comutatorul digital **CD** ce controlează alimentarea ledurilor  
semaforului, integrându-se astfel mesajul binar în purtătoarea optică emisă.

15 Semaforul inteligent conform invenției este independent energetic (fig. 3) prin aceea  
că sursa de energie regenerabilă **SER** utilizată pentru alimentare este alcătuită dintr-un  
17 panou fotovoltaic **1** policristalin, montat pe un butuc masiv având în prelungire un ax sprijinit  
în lagăre cu rulmenți pe un suport circular, pe care, în poziții diametral opuse, sunt montate  
19 niște actuatori termomecanice **1'** cu parafină, fiecare actuator este excitat de radiația  
solară incidentă printr-un distribuitor de impulsuri nereprezentat, iar astfel excitate prin  
21 intermediul unor tije de antrenare și a unei structuri intermediare flexibile și imobile,  
acționează pe baza forțelor tangențiale de frecare generate la contactul dintre axul panoului  
23 **1** și structura intermediară flexibilă și deplasează panoul fotovoltaic **1** în sensul dat de  
actuatoarele **1'** excitat solar. Pe timp de noapte și în condiții meteo diurne nefavorabile,  
25 semaforul folosește pentru alimentare o sursă cu supercapacitori **1''**, în care este stocată  
energia suplimentară provenită pe timpul zilei de la panoul fotovoltaic **1**, sursa **1''** prezintă  
27 avantajul unui număr de cicluri încărcare-descărcare foarte mare, de 500000 față de  
300...2000 cicluri pentru acumulatorii uzuali, iar funcționarea supercapacitorilor nu este  
29 afectată de descărcările complete așa cum se întâmplă în cazul acumulatorilor clasici  
(Pb, Li-Ion).

31 Sursa de energie regenerabilă **SER** cu rezerva sa este mult mai fiabilă prin aceea că  
încărcarea și descărcarea supercapacitorilor se poate face mult mai rapid decât la  
33 acumulatori și, de asemenea, este asigurată funcționarea într-un interval de temperatură  
mult mai mare.

35 Sistemul descris conform invenției poate fi reprodus cu aceleași caracteristici și  
performanțe ori de câte ori este necesar, fapt care constituie un argument în favoarea  
37 respectării criteriului de aplicabilitate industrială.

# RO 132689 B1

## Revendicări

1. Semafor inteligent cu capacitate de transmisie de date pentru îmbunătățirea siguranței în traficul rutier, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un modul de emisie (**E1**) cu interfață logică, prevăzut cu o serie de senzori externi: un senzor (**S1**) pentru determinarea intensității radiației solare și a locației relative a soarelui, un senzor (**S2**) pentru determinarea densității ceții și a prezenței prafului/fumului, un senzor (**S3**) pentru determinarea ploii/zăpezii, un senzor de temperatură (**S4**) pentru a face diferența dintre ceață și fum/praf, un senzor de umiditate (**S5**) pentru a face diferența între ninsoare și ploaie, senzorii fiind necesari pentru evaluarea calității canalului de transmitere a informației pe care îl are comunicația optică, un modul de procesare și control al datelor (**MPDC**), care, pe baza priorității datelor primite de la senzori și în urma unui proces decizional realizat într-un modul specific (**MAP**) care implică estimarea efectului condițiilor externe asupra comunicației optice, stabilește, printr-un modul (**MM**), tipul de modulație, DSSS sau OOK, ce urmează a fi folosit, iar prin intermediul unui modul de codare (**MC**) stabilește tipul de codare și viteza de transfer a datelor, și, drept urmare, comandă un comutator digital (**CD**) care controlează alimentarea ledurilor emițătorului (**E1**), în vederea menținerii continue a comunicației cu un senzor optic montat pe un autovehicul inteligent cu funcții de siguranță activă bazate pe comunicații fără fir și de maximizare a performanțelor pentru contextul extern. 19
2. Semafor inteligent cu capacitate de transmisie de date, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru o alimentare optimă cu energie electrică în vederea asigurării unei conectivități bune cu receptorul optic, este conectat la o sursă de energie regenerabilă (**SER**) formată dintr-un panou fotovoltaic (**1**) rotit în mod continuu după soare, prin intermediul unui motor cu niște actuatori termomecanice (**1'**) comandate după o logică prestabilită și o baterie (**1''**) cu supercapacitori necesară și eficientă în condiții meteo nefavorabile, sau când intensitatea radiației solare nu asigură, prin conversie, cantitatea optimă de energie pentru alimentarea semaforului inteligent. 27

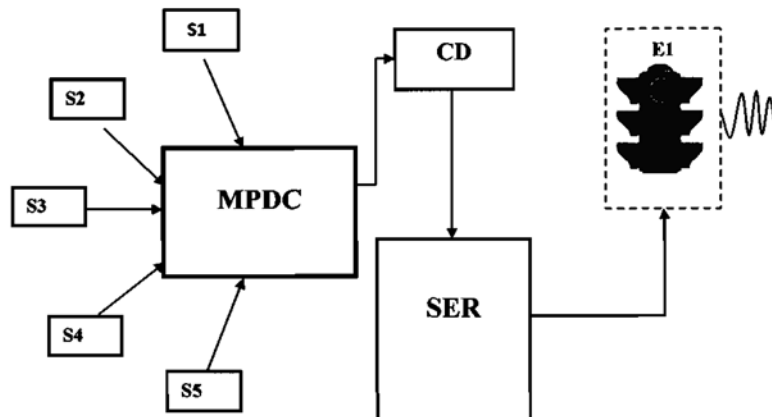


Fig. 1

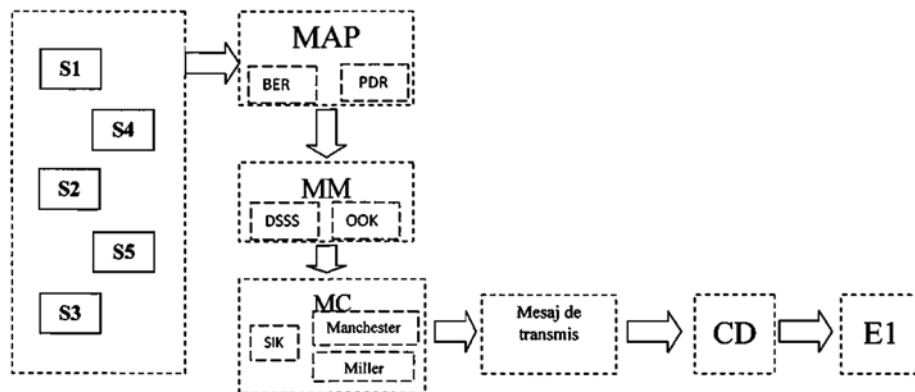


Fig. 2



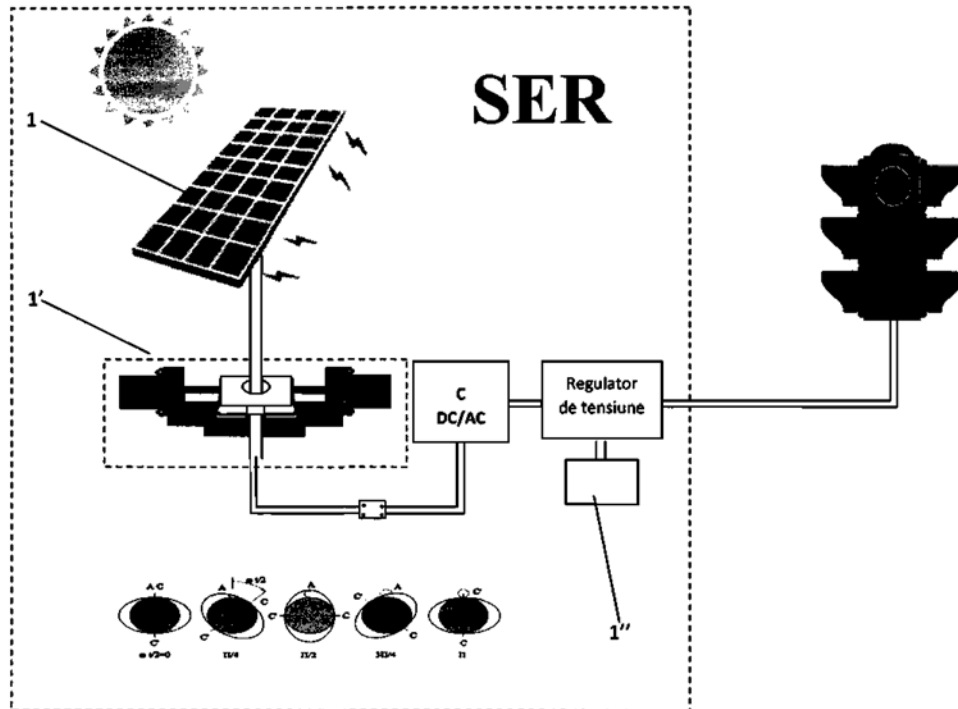


Fig. 3

