



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 01021**

(22) Data de depozit: **04.12.2009**

(41) Data publicării cererii:
30.08.2011 BOPI nr. **8/2011**

(71) Solicitant:
• **SUSNEA IOAN, STR. BRĂILEI NR.179,
BL.S3, AP.9, GALAȚI, GL, RO;**
• **VASILIU GRIGORE,
STR. REGIMENT 11 SIRET NR.29, BL.C37,
SC.2, ET.2, AP.29, GALAȚI, GL, RO**

(72) Inventatori:
• **SUSNEA IOAN, STR. BRĂILEI NR.179,
BL.S3, AP.9, GALAȚI, GL, RO;**
• **VASILIU GRIGORE, STR. REGIMENT 11
SIRET NR.29, BL.C37, SC.2, ET.2, AP.29,
GALAȚI, GL, RO**

(54) **SISTEM DE LOCALIZARE PENTRU ROBOȚI MOBILI ȘI VEHICULE AUTONOME**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de localizare pentru roboți mobili și vehicule autonome, bazat pe balize active ultrasonore. Sistemul conform invenției cuprinde două subsisteme, dintre care unul este amplasat la sol, iar celălalt este aflat la bordul robotului. Subsistemul (1) de la sol este compus dintr-un număr de minimum două balize (12, 13) active, ultrasonore, și un dispozitiv de secvențiere (11), care activează balizele, în așa fel încât una singură să fie în emisie la un moment dat; subsistemul (2) aflat la bordul robotului se compune din doi senzori (21, 22) care captează semnalul emis de balize (12, 13), un bloc (24) de măsură a timpului de propagare a semnalului sonor și un bloc (25) de identificare a balizei pe baza unei informații conținute în semnalele emise de balize, orientarea absolută a robotului fiind măsurată cu un girocompas sau cu o busolă electronică (23). Cunoscând coordonatele spațiale ale balizelor (12, 13), orientarea relativă a acestora față de robot, precum și orientarea absolută a robotului, un microcontroler (26) calculează coordonatele curente ale robotului.

Revendicări: 5

Figuri: 7

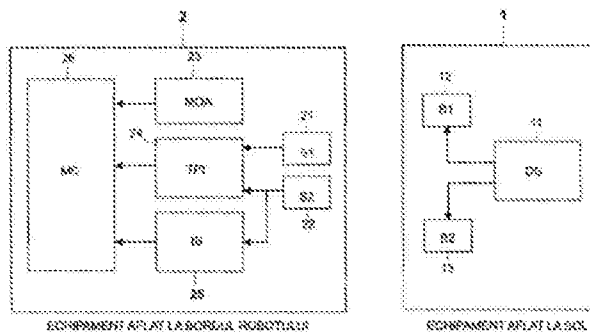


Fig. 1



SISTEM DE LOCALIZARE PENTRU ROBOTI MOBILI SI VEHICULE AUTONOME

Documente citate: US 5682313(A), US2004158354(A1)

Alte documente de referinta:

- [1] Borenstein J., Everett H. R., and Feng L., *Where Am I. Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning*, University of Michigan, 1996.
- [2] Cohen C. and Koss F.V., *A Comprehensive Study of Three Object Triangulation*, Proceedings of the SPIE Conference on Mobile Robots, 1993

Domeniul tehnic al inventiei

Prezenta inventie se refera la problema localizarii robotilor mobili, sau a vehiculelor autonome, definita ca proces de estimare a pozitiei curente a vehiculului, in raport cu o reprezentare interna (harta) a mediului, prin prelucrarea informatiei obtinute de la un set de senzori specifici.

Localizarea este o subproblema distincta a navigatiei robotilor autonomi.

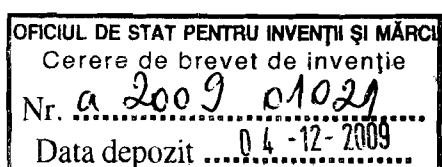
Stadiul actual al tehnicii in domeniul localizarii robotilor mobili si vehiculelor autonome

Estimarea pozitiei curente este esentiala in orice proces de conducere a robotilor autonomi si, din acest motiv, exista o mare varietate de solutii propuse in ultimii 20 de ani pentru rezolvarea acestei probleme. O prezentare cuprinzatoare a metodelor cunoscute de localizare este disponibila in [1].

Printre cele mai cunoscute metode de localizare se numara *triangulatia*, bazata pe masurarea pozitiei unghiulare relative a robotului mobil fata de un numar de (minim) trei repere fixe, identificabile de catre senzorii de la bordul robotului, si a caror pozitie este cunoscuta. Principalele solutii tehnice derivate din triangulatie sunt descrise in [2].

Problema detectarii reperelor fixe de catre senzorii aflati la bordul robotului este, in principiu, usor de rezolvat folosind ca repere o serie de balize active, care emit semnale sonore, optice sau electromagnetice.

In schimb, problema identificarii balizelor este mai dificila, iar solutiile propuse se bazeaza fie pe folosirea unui canal secundar de comunicatie (infrarosu, radio, microunde) care transmite date de identificare despre balize, ca in US 5682313 (A), fie pe un mecanism de sincronizare a transmisiei de la balize diferite, ca in US2004158354(A1).



În toate soluțiile existente, prelucrarea informațiilor de la senzorii folosiți pentru localizare conduce la echipamente hardware relativ complexe și scumpe și la volume de calcule considerabile, care măresc dificultatea implementării componentelor software ale sistemelor de localizare.

Concluzia formulată de Borenstein et. al. în [1], este următoarea:

“Poate cel mai important rezultat obținut prin analiza vastei literaturi disponibile în domeniul localizării roboților mobili este că în prezent nu există o soluție cu adevărat elegantă a problemei”

Descrierea succintă a invenției

Prezenta invenție descrie un sistem de localizare îmbunătățit pentru roboți mobili și vehicule autonome, bazat pe detectia semnalelor ultrason emise de un număr de minim două balize active.

Semnalele acustice emise de balize, au frecvențe ultrasonore, în jurul valorii de 40KHz și sunt modulate în amplitudine cu un semnal DTMF (Dual Tone Multi Frequency), de joasă frecvență, care conține informația necesară pentru identificarea balizelor. Codarea DTMF are avantajul unei foarte bune imunități la perturbatii și interferențe.

La nivelul robotului mobil, semnalele acustice emise de balize sunt captate de doi senzori și sunt prevăzute circuite speciale pentru măsurarea timpului de propagare a undei sonore pe distanță, cunoscută, dintre cei doi senzori.

Pornind de la timpul de propagare a undei sonore între cei doi senzori, un microcontroller calculează poziția unghiulară relativă (azimutul) balizei față de robot.

În paralel, se extrage semnalul DTMF din unda sonoră recepționată și se reconstituie din acesta informația de identificare a balizei active.

Orientarea absolută a vehiculului se măsoară independent cu un girocompas, sau cu o busolă electronică.

Microcontrollerul de localizare fuzionează informația furnizată de girocompas și informația privind azimutul a cel puțin două balize, ale căror coordonate sunt cunoscute, pentru a calcula coordonatele curente ale vehiculului.

Avantajele sistemului propus

- Folosește un singur canal, unidirecțional, pentru comunicatia între robotul autonom și balizele active, ceea ce conduce la reducerea costurilor și la creșterea imunității față de perturbatii.



- Poate fi implementat folosind microcontrollere cu cost redus si cu consum redus de energie.
- Pe ansamblu, solutia propusa poate contribui la reducerea costurilor de productie a unor roboti de serviciu destinati, de exemplu, functiei de asistenti robotici personali pentru persoane in varsta sau cu diverse dizabilitati.

Descrierea succinta a desenelor

Figura 1 prezinta structura generala a sistemului.

Figura 2 ilustreaza principiul geometric al determinarii pozitiei robotului R, in functie de coordonatele balizelor B1, B2 si de unghiurile azimutale α_1, α_2 ale balizelor fata de orientarea curenta θ_R a robotului.

Figura 3 ilustreaza principiul determinarii orientarii relative a balizei B fata de robot, cu ajutorul a doi senzori S1, S2, aflati la distanta a unul fata de celalat. Cu aceste notatii, azimutul balizei fata de robot se poate calcula cu relatia (1)

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{c\Delta t}{a}\right) \quad (1)$$

unde c este viteza sunetului, iar Δt este timpul de propagare a sunetului pe distanta a, intre cei doi senzori.

Figura 4 prezinta structura unei balize active cu identificare DTMF.

Figura 5 prezinta circuitele pentru masurarea timpului de propagare a semnalului ultrasonor pe distanta dintre cei doi senzori de la bordul robotului.

Figura 6 prezinta schema logica a detectorului de precedenta a semnalelor DP.

Figura 7 prezinta circuitele folosite pentru extragerea informatiei de identificare a balizei din semnalul ultrasonor.

Descrierea detaliata a implementarii preferate

Structura generala a sistemului este prezentata in figura 1. In aceasta configuratie, echipamentul aflat la sol (1) cuprinde balizele active B1, B2 (12) si (13), precum si un dispozitiv de secventiere DS (11), care activeaza periodic transmitatoarele ultrason ale fiecărei balize in asa fel incat o singura baliza sa fie activa (in emisie) la un moment dat.

Echipamentul aflat la bordul robotului (2) cuprinde senzorii S1, S2 (21) si (22), blocul de masura a timpului de propagare a semnalului intre cei doi senzori TPI (24), circuitele de extragere a codului de identificare asociat cu fiecare baliza, IB (25), dispozitivul pentru masurarea orientarii absolute, MOA (23) si un microcontroller MC

Handwritten signature

(26), care prelucreaza datele furnizate de restul circuitelor si calculeaza coordonatele pozitiei curente.

Structura unei balize active este prezentata in figura 4. Semnalul generat de oscilatorul OSC (41), cu frecventa de aproximativ 40KHz, este modulat in amplitudine de circuitul M.A. (43) cu semnalul de joasa frecventa generat de un generator DTMF (42), care contine codul unic de identificare a balizei, exprimat sub forma unui digit hexazecimal. Semnalele emise de balize sunt trenuri de impulsuri cu durata de aproximativ 100 milisecunde, urmate de o pauza de o secunda.

Semnalul modulat in amplitudine rezultat este amplificat de circuitul (44) si aplicat unui traductor (45), care converteste energia electrica intr-o unda ultrasonora.

La nivelul robotului (figura 5), unda sonora generata de baliza este detectata cu ajutorul senzorilor (21) si (22). Semnalul electric generat de senzori este amplificat cu circuitele (51) si (52), filtrat de filtrele trece banda (53) si (54), apoi este convertit in impulsuri dreptunghiulare de formatoarele de impulsuri (55) si (56).

Masurarea timpului de propagare a semnalului sonor se face cu ajutorul numaratorului reversibil (58), care numara pe un ceas de referinta REF. CLOCK, generat de microcontrollerul (26). Sensul de numarare este determinat de detectorul de precedenta DP (57), a carui schema logica este prezentata in figura 6.

Acesta primeste la intrare semnalele C1 si C2, generate de formatoarele de impulsuri (55) si (56), care sunt trenuri de impulsuri decalate in timp cu Δt - timpul de propagare al unei ultrasonore pe distanta dintre cei doi senzori.

Semnalele C1 si C2 sunt aplicate bistabililor (61) si respectiv (62). Starile bistabililor sunt decodificate de decodicatorul (63) impulsuri de validare pentru portile AND (64) si (65), care genereaza ceasuri distincte de numarare directa si inversa pentru numaratorul reversibil (58).

Valoarea timpului de propagare a semnalului intre cei doi senzori este calculata de microcontrollerul (26) cu relatia (2):

$$\Delta t = NT_{ref} \quad (2)$$

in care N este valoarea continuta de numaratorul (58) la sfarsitul unui ciclu de masura, iar T_{ref} este perioada ceasului de referinta.

Cunoscand Δt , se poate calcula azimutul sursei de semnal in raport cu orientarea curenta a robotului, cu relatia (1).

Un ciclu de masura incepe intotdeauna cu un semnal RESET, generat de microcontroller, care initializeaza la zero numaratorul (58) si bistabilii (61) si (62) si se

incheie prin generarea unui semnal READY (63), care informeaza microcontrollerul ca numaratorul contine date valide.

Valorile pozitive ale parametrului N corespund unor valori pozitive ale azimutului sursei de semnal in raport cu orientarea curenta a robotului– in sens trigonometric.

In figura 7 este prezentat circuitul pentru extragerea informatiei de identificare a balizei din semnalul receptionat de senzorul (22).

Dupa amplificarea cu circuitul (52), semnalul este aplicat la intrarea unui demodulator AM (71) care extrage semnalul de joasa frecventa DTMF. Acesta este decodificat cu circuitul (72), care furnizeaza microcontrollerului (26) codul de patru biti al identificatorului balizei BEACON ID, insotit de un semnal de STROBE.

REVENDICARI

1. Un sistem de localizare care include:
 - un robot mobil, sau un alt vehicul autonom, care se poate deplasa intr-un spatiu determinat;
 - un numar de balize active, amplasate in mediu in pozitii determinate, care emit la momente de timp controlate, semnale de referinta sub forma unor unde ultrasonore,
 - cel putin doi senzori, amplasati la bordul robotului, capabili sa detecteze undele ultrasonore emise de balize,
 - o unitate prevazuta cu un microcontroller pentru calculul orientarii relative a balizelor fata de pozitia curenta a robotului, bazate pe masurarea timpului de propagare a undei sonore pe distanta dintre senzori,caracterizat prin aceea ca:
 - informatia de identificare a balizelor este codificata DTMF si transmisa folosind drept purtatoare chiar unda ultrasonora de referinta;
 - sunt prevazute circuite pentru extragerea informatiei de identificare a balizelor, prin decodificarea semnalului DTMF, modulat pe semnalul ultrasonor de referinta
2. Un sistem de localizare ca in revendicarea 1, care contine in plus un dispozitiv pentru masurarea orientarii absolute, sub forma unui girocompas, sau a unei busole electronice, si/sau encodere pentru estimarea variatiilor de pozitie si orientare intre doua determinari succesive ale pozitiei.
3. Un sistem de localizare ca in revendicarea 1, in care semnele de referinta emise de balizele active sunt unde electromagnetice din spectrul microundelor.
4. Un sistem de localizare ca in revendicarea 1, in care semnalele de referinta emise de balizele active sunt semnale optice cu frecvente in spectrul infrarosu.
5. Un sistem de localizare ca in revendicarea 1, care cuprinde in plus filtre Kalman pentru eliminarea zgomotului care afecteaza semnalele receptionate de la balize.

Figura 1.

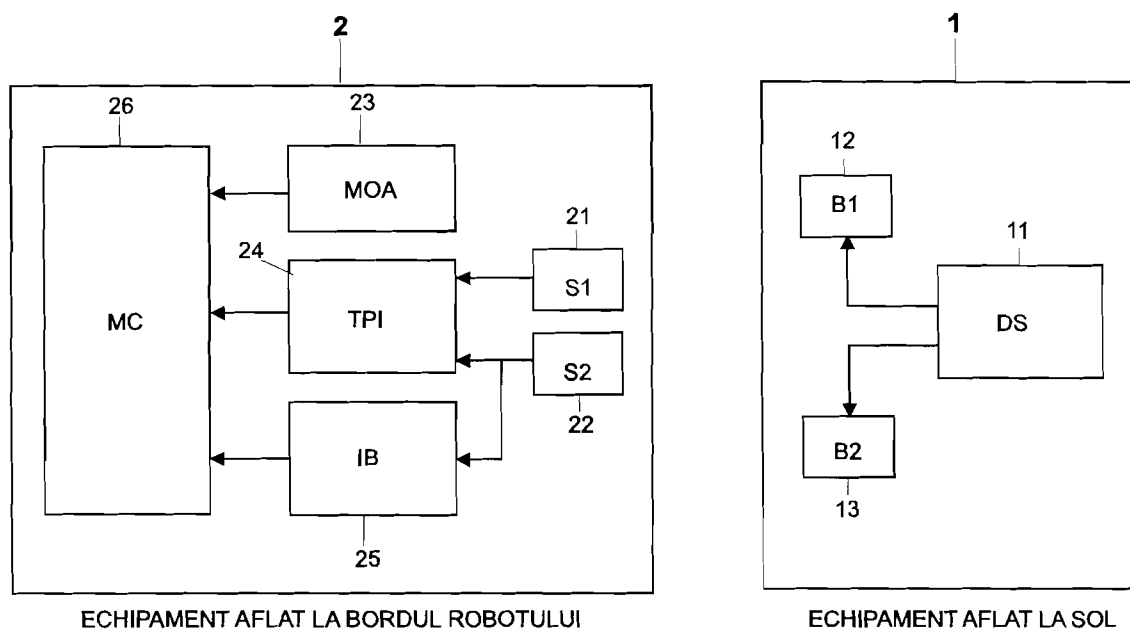


Figura 2.

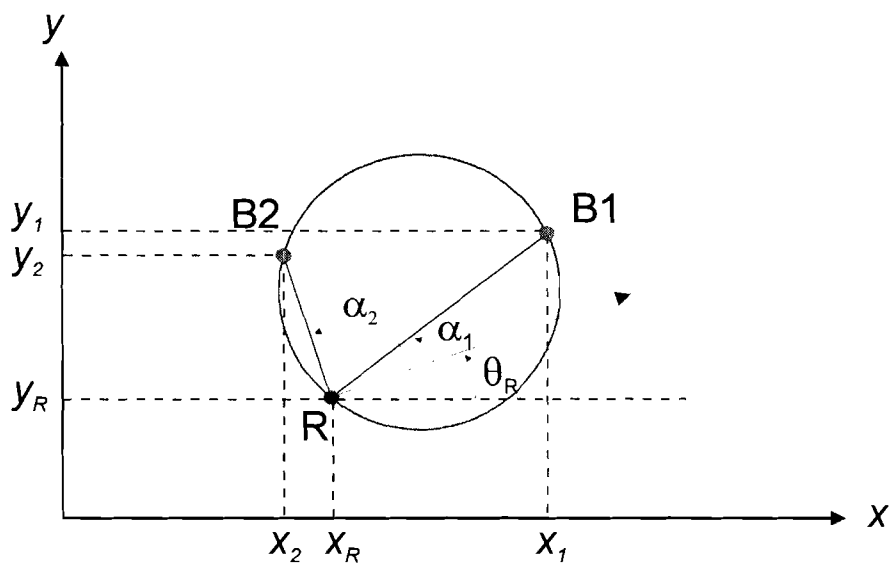


Figura 3.

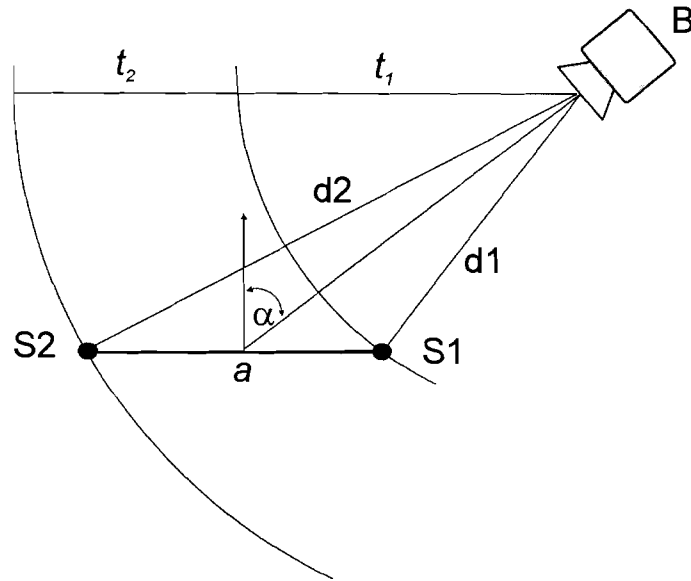


Figura 4.

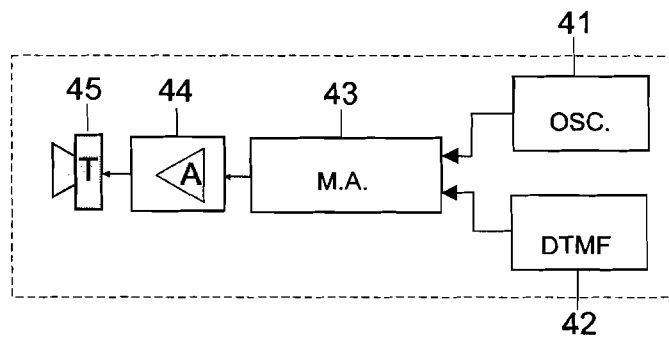
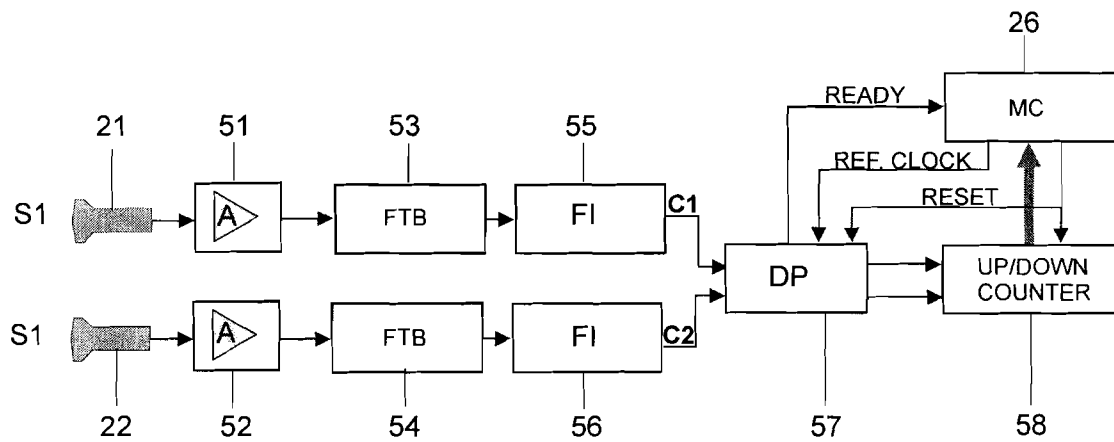


Figura 5.



Handwritten signature

Figura 6.

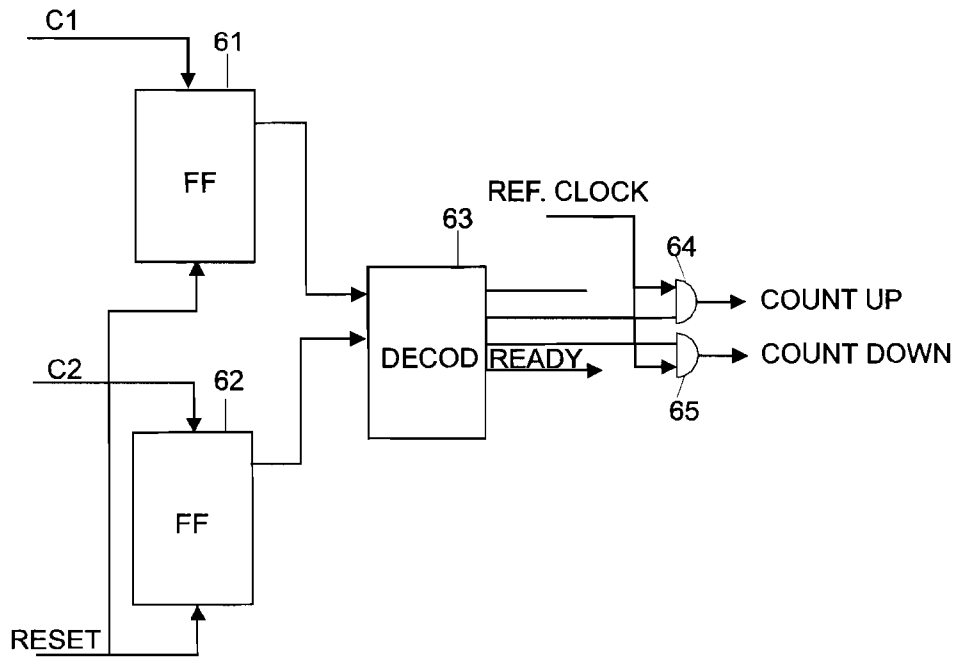
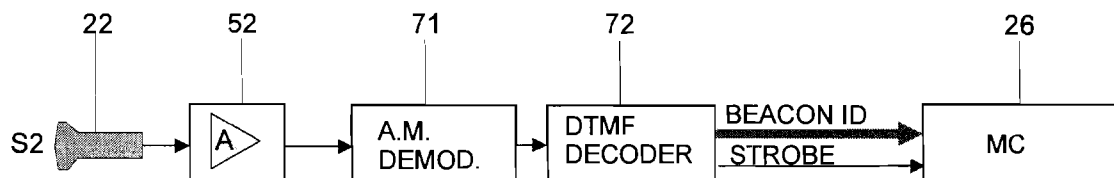


Figura 7.



Handwritten signature