

## LUCRAREA 4

### SISTEM DE TRANSMISIE MONOCANAL PENTRU TELECOMANDĂ ÎN INFRAROȘU

#### 1. Generalități

Sistemele de transmisie prin radiație infraroșie s-au dezvoltat foarte mult în ultimii ani, aplicațiile lor intrând în domeniul cotidian, de exemplu, telecomanda aparatelor electrocasnice, a garajelor, sistemelor de alarmă, etc.

Pentru realizarea unei telecomenzi se mai pot utiliza sisteme radio sau cu ultrasunete. Sistemele radio au avantajul unei bătaii mari sau foarte mari, dar necesită echipamente foarte pretențioase, cu prețuri ridicate și au dezavantajul aglomerării benzilor și a fenomenelor de interferență între diferite sisteme în exploatare, la un moment dat. Sistemele cu ultrasunete, dezvoltate înaintea celor cu infraroșii, elimină o serie din dezavantajele sistemelor radio, în ceea ce privește prețul de cost și problema aglomerării benzilor de transmisie. Acestea au fost destul de mult dezvoltate pentru uzul telecomenzilor pe distanțe scurte, în special în interiorul locuințelor. Au dezavantajul că, prin reflexia ultrasunetelor pe diferite obstacole, pot apărea interferențe între semnalul direct și semnalele reflectate, interferențe care provoacă erori de interpretare la recepție. La ultrasunete, interferențele apar deoarece, la bătaile și frecvențele folosite, apar defazaje între unda directă și undele reflectate, datorită vitezei relativ reduse de propagare a ultrasunetelor în aer (340 m/s).

Radiația infraroșie este puternic absorbită de mediul înconjurător (cu excepția suprafețelor reflectante). Chiar dacă semnalul suferă reflexii, acesta nu este un dezavantaj, deoarece la frecvențele de lucru nu apare nici un defazaj sensibil între unda principală și undele reflectate, deci nu apar interferențe supărătoare deoarece radiație infraroșie se propagă cu viteza luminii.

Structura sistemelor de telecomandă cu infraroșii și ultrasunete este identică și compatibilă; diferențe apar doar la sursa de emisie și detectorul de semnal.

#### 2. Schema bloc

Sistemul monocanal realizat formează o “cheie” cu radiații infraroșii. Cheia funcționează pe principiul recunoașterii semnalului emis de la o sursă de radiații infraroșii portabilă, de către un circuit care conține un fotodetector și o parte logică, numit “yala”. Schema bloc a montajului este prezentată în fig. 4.1.

##### Funcționarea emițătorului “cheie”

Impulsurile generate de un generator de impulsuri de joasă frecvență (10 MHz) modulează o purtătoare produsă de un generator de frecvență purtătoare (40 kHz). Semnalul astfel obținut, format din pachete de impulsuri de 40 kHz, cu durata dictată de joasa frecvență, este aplicat unui amplificator care permite creșterea puterii acestui semnal până la nivelul necesar atacului unui emițător de infraroșii, format dintr-un *IRE*D (*Infrared Emittind Diode*) tip LD271.

Funcționarea emițătorului conform acestui principiu este ilustrată prin formele de undă din fig. 4.2.

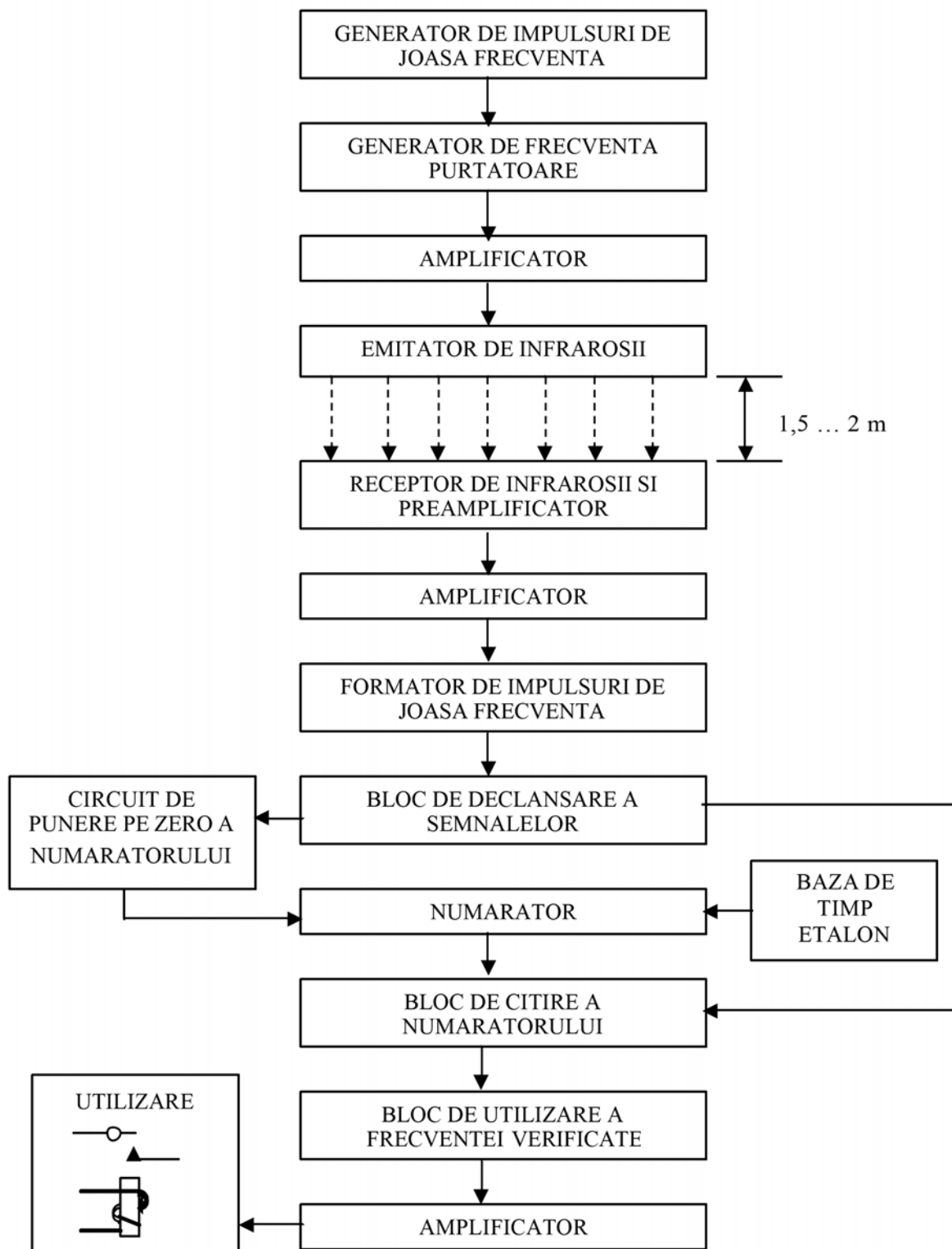


Fig. 4.1

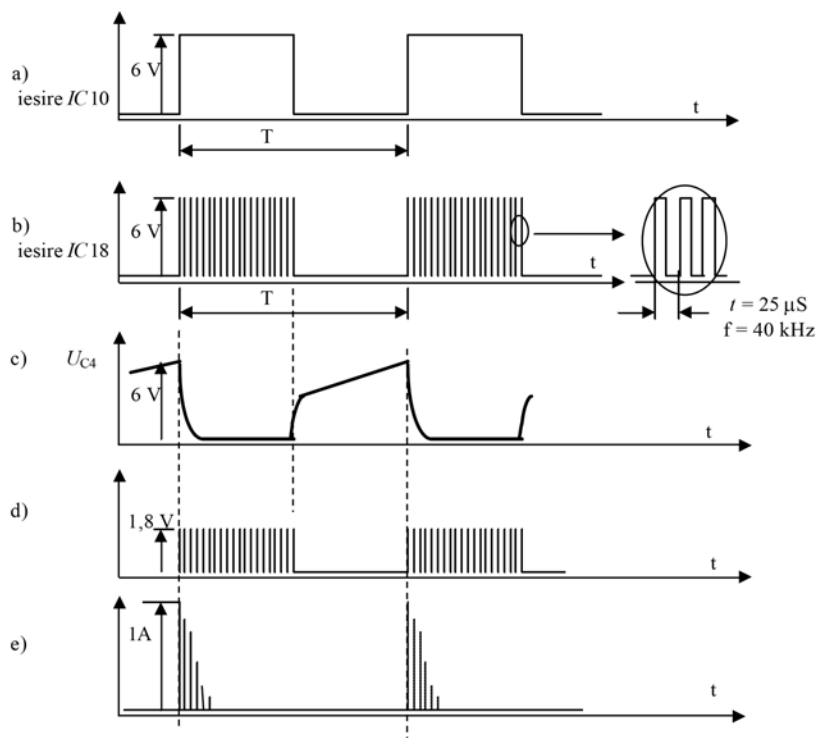


Fig. 4.2

- a* – forma de undă la ieșirea generatorului de impulsuri de joasă frecvență;
- b* – forma de undă la ieșirea generatorului de frecvență purtătoare (modularea propriu – zisă se face în acest bloc, la ieșire obținându-se “pachetele” de impulsuri);
- c* – forma de undă a tensiunii de alimentare a amplificatorului și emițătorului de infraroșii (variabilă, deoarece folosește un circuit de acumulare a energiei: un condensator);
- d* – forma de undă a tensiunii la bornele diodei emițătoare de infraroșii;
- e* – forma de undă a curentului prin dioda emițătoare de infraroșii (care dictează intensitatea radiației).

### Funcționarea receptorului “yală”

Radiația infraroșie emisă de “cheie” este detectată și preamplificată în blocul receptor de infraroșii și preamplificator. La ieșirea acestui etaj se regăsește un semnal de frecvență egală cu cea a joasei frecvențe din emițător. Deoarece nivelul acestui semnal este redus, aducerea la un nivel corespunzător este asigurată de un amplificator. Semnalul de ieșire din amplificator atacă un formator de impulsuri de joasă frecvență, cu rol de a da la ieșire impulsuri cu fronturi de bună calitate (pentru că distanța dintre fronturile anterioare ale acestor impulsuri poartă informația utilă).

Impulsurile de joasă frecvență sunt introduse într-un bloc de declanșare a semnalelor, care comandă două circuite: blocul de citire al numărătorului și circuitul de punere pe zero a numărătorului. Aceste două blocuri emit două semnale: impulsuri de citire și respectiv impulsuri de ștergere. Rolul acestor impulsuri va rezulta imediat. De la o bază de timp etalon, se obțin impulsuri cu o bună stabilitate în timp a frecvenței. Aceste impulsuri sunt numărate de un numărător. Periodic, cu frecvența semnalului recepționat de la emițător, blocul de declanșare a semnalelor transmite câte un impuls de citire spre blocul de citire al numărătorului. După citire, circuitul de punere pe zero a numărătorului generează un impuls de ștergere care aduce numărătorul în starea zero. Numărătorul conține două decade, ceea ce corespunde unei necesități maxime de 99. Între frecvența bazei de timp etalon și joasa frecvență de la emițător există o relație bine determinată și anume, perioada impulsurilor de joasă frecvență este egală cu 96,97 sau 98 de perioade ale bazei de timp etalon.

S-au ales 3 valori pentru a obține un domeniu de prindere mai larg (respectiv 3%, acoperitor pentru stabilitatea de frecvență a oscilatoarelor RC) în caz contrar ar trebui generatoare de frecvență de mare precizie, care ar crește costurile.

Dacă în momentul apariției semnalului de citire numărătorul este în una din stările 96, 97 sau 98, blocul de citire al numărătorului confirmă că semnalul recepționat de “yală” este emis de “cheia” corespunzătoare.

După această citire, numărătorul este din nou șters și începe un nou ciclu de numărare – respectiv de măsurare a perioadei semnalului recepționat. Dacă numărul cuprins în numărător este mai mic decât 96, blocul de citire al numărătorului nu ia în considerare semnalul, respectiv nu generează la ieșire nici un semnal. Dacă numărul de impulsuri generate de baza de timp etalon, între două impulsuri de joasă frecvență recepționate, este mai mare decât 98, numărătorul se blochează datorită unui circuit de inhibare a tactului, în starea 99, stare ce nu este considerată corectă de blocul de citire al numărătorului. Blocarea în starea 99 este necesară deoarece, în caz contrar, ar putea apărea erori de interpretare a unor semnale a căror perioadă este de tipul:  $k \times 100 + 96$ ,  $k \times 100 + 97$  sau  $k \times 100 + 98$ , unde  $k$  este un număr întreg, întrucât depășirea capacității numărătorului duce la repetarea secvențelor de numărare iar impulsurile numărate după depășirea capacității pot fi în număr de 96, 97 sau 98 (chiar dacă repetarea se produce de  $k$  ori). În lipsa acestui circuit de inhibare a tactului, toate semnalele de forma anterioară ar fi considerate corecte deoarece, în momentul apariției impulsului de ieșire, conținutul numărătorului de 2 digiți este 96, 97 sau 98. Astfel, ar spori vulnerabilitatea sistemului la încercări de forțare a ‘yalei’.

Impulsurile de confirmare a corectitudinii semnalului recepționat, generat de blocul de citire al numărătorului sunt trimise într-un bloc de utilizare a frecvenței verificate. În acest bloc, are loc generarea unor impulsuri de o anumită lățime, care sunt supuse unui proces de integrare, după care se face o comparare de nivel. În urma integrării, impulsurile parazite sunt suprimate. Constanta de timp a integratorului a fost aleasă astfel încât numai la repetarea de un anumit număr de ori a semnalului de confirmare a corectitudinii semnalului de joasă frecvență recepționat, să permită depășirea pragului circuitului comparator. La depășirea acestui prag, se transmite o tensiune corespunzătoare spre un amplificator care asigură câștigul de putere necesar acționării blocului de utilizare (releu electromagnetic).

Funcționarea receptorului este descrisă în fig. 4.3, cu notațiile următoare:

- a* - semnalul la ieșirea amplificatorului;
- b* - semnalul la ieșirea formatorului de impulsuri;
- c* - impulsul de citire – ieșirea blocului de declanșare a semnalelor;
- d* - impulsul de citire inversat, a doua ieșire a blocului de declanșare a semnalelor, impuls folosit la formarea impulsului de ștergere;
- e* - impulsul de ștergere de la ieșirea circuitului de punere pe zero a numărătorului;
- f* - forma de undă la ieșirea bazei de timp etalon;
- g* - intrarea de inhibare a numărătorului la depășirea capacității de numărare 99. Se observă că trece în starea “1” logic numai dacă se recepționează mai mult de 99 impulsuri și stă în această stare până la apariția unui impuls de ștergere;
- h* - ieșire din numărător. Se găsește în starea “1” logic doar când numărătorul este în stările 96, 97 și 98;
- i* - ieșire din blocul de citire al numărătorului, semnalul rezultând prin compararea logică a ieșirii din numărător cu impulsul de citire. Este în starea “1” logic numai dacă în momentul apariției impulsului de citire (corespunzător unui impuls de la emițător), numărătorul se găsește în una din stările 96, 97 sau 98;
- j* - ieșirea *CBM* din blocul de utilizare a frecvenței verificate;
- k* - ieșirea integratorului;
- l* - ieșirea blocului de utilizare a frecvenței verificate.

În fig. 4.3 s-au prezentat toate cele 3 situații posibile:  $t = T$  (corect),  $t < T$  (incorect) și  $t > T$  (incorect), modul de suprimare a oscilațiilor incorecte fiind ușor sesizabil în fig. 4.3i, ca urmare a prelucrării logice de tip *SI* a semnalelor din fig. 4.3c și 4.3h.

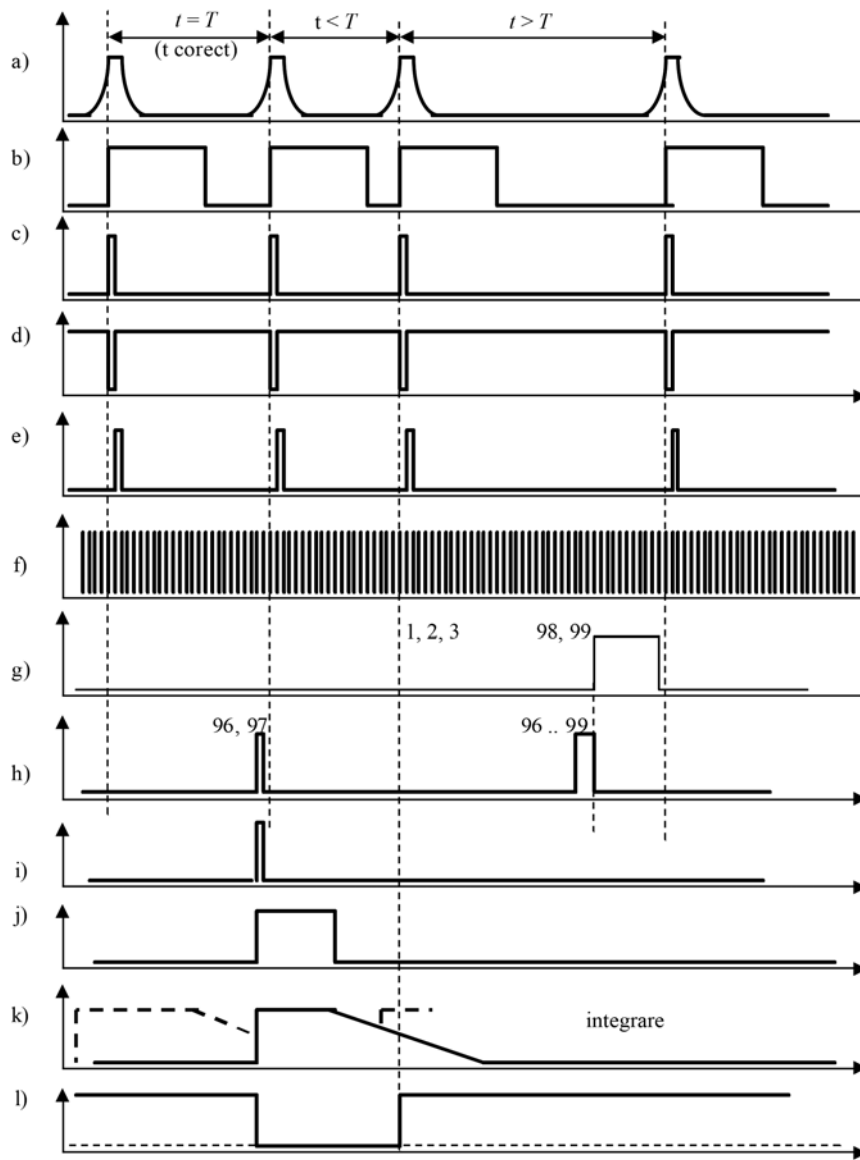


Fig. 4.3

### 3. Schema electrică

Emitătorul este prezentat în fig. 4.4.

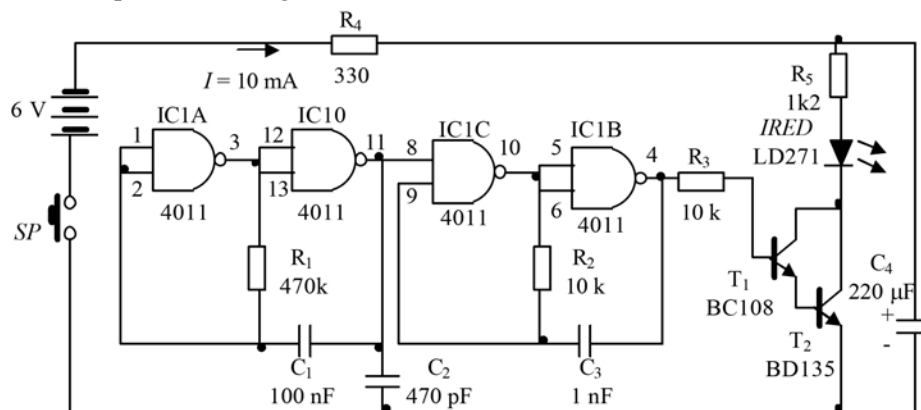


Fig. 4.4

Pentru a asigura o bătaie suficientă, dioda de infraroșii trebuie alimentată cu un curent de ordinul amperului. Acest lucru nu este posibil decât provocând această alimentare pe durata câtorva microsecunde, stocând în prealabil energie în condensatorul  $C_4$ . Astfel, între două "rafale",  $C_4$  se încarcă prin  $R_4$ , curentul mediu debitat de baterie rămânând mai mic decât 10 mA. Pila folosită, de format miniatură, dă o tensiune de 6 V. Miniaturizarea emițătorului răspunde astfel cerințelor privind consumul și gabaritul.

Frecvența de bază este caracteristica pe care o va verifica receptorul; în acest caz, aproximativ 12,5 Hz. Prin înlocuirea lui  $R_1$  sau  $C_1$  cu alte valori, se poate "personaliza" ansamblul emițător – receptor. Frecvența de bază este produsă de un multivibrator realizat cu porțile *NAND* A și D din circuitul integrat *IC1*. Pentru a explica funcționarea multivibratorului, pornim dintr-un moment oarecare al ciclului. Considerăm ieșirea  $I_1$  din poarta *NAND* D în starea "0" logic, deci intrările logice împreună 12 și 13 ale porții sunt în "1", ca și ieșirea 3 a porții *NAND* A. Intrările 1, 2 ale porții A sunt deci în "0". Condensatorul  $C_1$  descărcat, începe să se încarce prin  $R_1$  din circuitul de ieșire al porții *NAND* A. Când tensiunea la bornele condensatorului depășește aproximativ  $\frac{1}{2}$  din tensiunea de alimentare, armătura din stânga lui  $C_1$  trimite pe intrările legate împreună ale porții *NAND* A nivel "1" și poarta comută în starea "0" la ieșire. Astfel, apare "0" pe intrările porții *NAND* D, care trece în starea "1" la ieșire.

În momentul comutației,  $C_1$  este încărcat cu "+" în stânga și "-" în dreapta. Condensatorul are tendința să se descarce și să se încarce în sens invers (cu "+" pe armătura din dreapta). Când potențialul armăturii din stânga atinge nivelul corespunzător lui "0" logic, porțile comută în starea inițială, după care fenomenele se repetă în mod identic. Se obțin astfel impulsuri dreptunghiulare ca în diagramele din fig. 4.2c. Capacitatea  $C_2$  ameliorează comutația și asigură o mai bună simetrie impulsurilor dreptunghiulare.

**Frecvența purtătoare.** Porțile *NAND* C și D ale aceluiași circuit integrat formează al doilea astabil pentru care, componentele exterioare  $R_2$  și  $C_3$  au valori numerice astfel încât frecvența de oscilație este de ordinul 30 ... 50 kHz. Față de astabilul descris anterior, acesta este un astabil comandat, în sensul că el nu poate funcționa decât dacă intrarea 9 a porții C este în "1" logic. Astfel, la ieșirea porții *NAND* B se culege o serie periodică de oscilații, ca în fig. 4.2b.

#### **Amplificarea și emisia radiației infraroșii.**

Tranzistoarele  $T_1$  și  $T_2$ , în conexiune Darlington, amplifică impulsurile primite prin  $R_3$  în baza lui  $T_1$ . Dioda emițătoare de infraroșii din colectorul lui  $T_2$  de medie putere, are curentul limitat de rezistența de mică valoare  $R_5$ . La începutul fiecărei serii de impulsuri de 40 kHz, capacitatea  $C_4$ , în prealabil încărcată prin  $R_4$ , dispune de o energie instantanee și intensitatea nu este limitată de rezistența internă a pilei. Prin urmare, descărcarea lui  $C_4$  fiind relativ rapidă în raport cu timpul de încărcare intensitatea mare a curentului prin diodă nu este periculoasă ținând seama de durata redusă a fenomenului. Se ține seama de faptul că, pe joncțiunea diodei căderea de tensiune este de circa 1,8 V și deci curentul este cel care asigură variația periodică a puterii radiației emise. Se poate mări semnificativ bătaia emițătorului prin dispunerea diodei într-un reflector parabolic adaptat.

**Receptorul** este prezentat în fig. 4.5.

**Alimentarea** se face de la rețea, folosind un transformator, o punte redresoare și un circuit stabilizator cu tranzistor regulator serie, diodă Zener în baza tranzistorului, rezistență de polarizare și condensatori de filtrare. De asemenea, montajul poate fi alimentat de la bateria de 12 V a unui autovehicul, situație în care tensiunea se aplică direct la colectorul tranzistorului regulator serie, după puntea redresoare.

**Preamplificatorul.** Semnalul detectat de fotodetectorul *PHD* este preamplificat în circuitul format cu tranzistoarele  $T_2$  și  $T_3$ .

**Amplificarea și formarea semnalului.** Etajele realizate cu  $T_4$  și  $T_5$  asigură amplificarea semnalului înaintea integrării lui. Integrarea este asigurată de etajul cu  $T_6$  și rolul propriu zis de integrare a semnalelor de 40 kHz îl are condensatorul  $C_{20}$ . În colectorul lui  $T_6$  apare semnalul obținut prin integrarea frecvenței purtătoare; astfel apare doar semnalul corespunzător joasei frecvențe de la emițător, ca în fig. 4.3a. Porțile *NOR* A și B din *IC1* formează un circuit basculant monostabil, al cărui rol este de a da impulsuri de o anumită lățime calibrată, începând cu primul front crescător al semnalului brut dat de  $T_6$ .

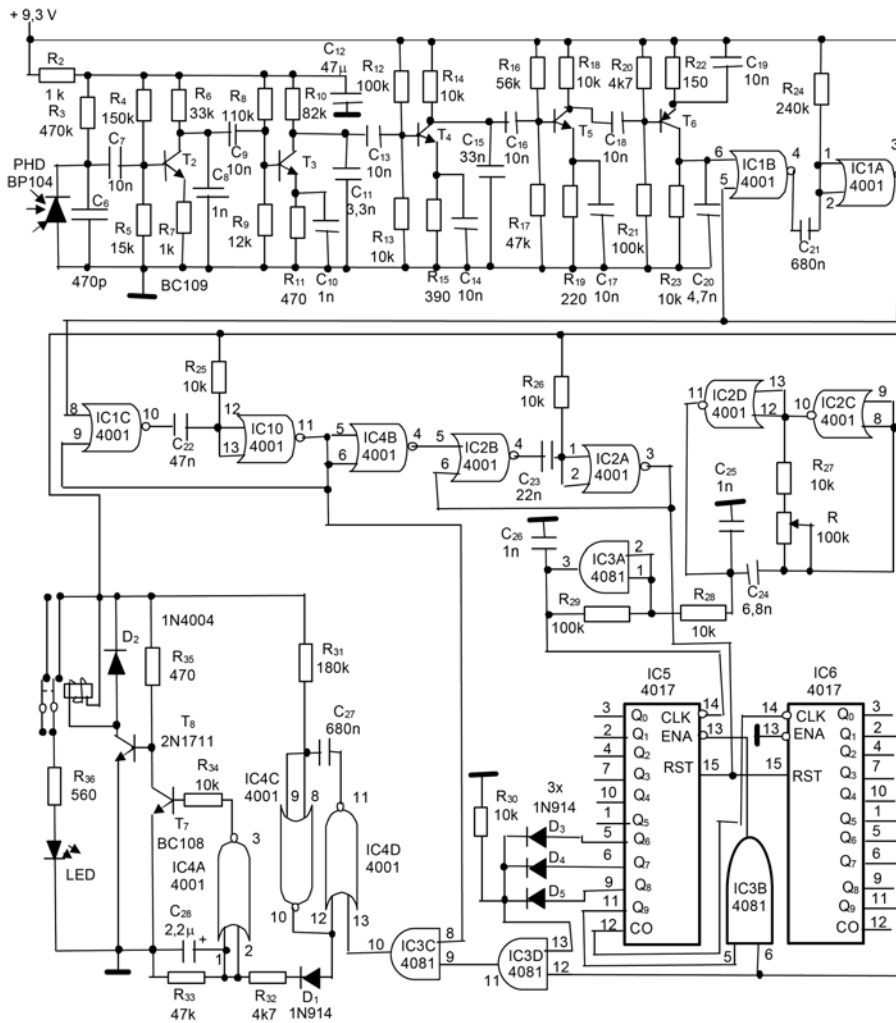


Fig. 4.5

Funcționarea monostabilului este următoarea: în starea de repaos, intrarea 6 a porții IC1B este în “0” logic. Prin R<sub>24</sub>, la intrările 1, 2 ale porții IC1A se aplică “1” logic, deci ieșirea 3 a porții este în “0” logic. Pe intrarea 5 a porții B se aplică “0” logic, ieșirea 4 a porții fiind în “1” logic. Frontul căzător, necorespunzător al acestui semnal, va fi eliminat și dispare riscul deranjării funcționării receptorului, acesta fiind semnalul pentru care se verifică frecvența.

Condensatorul C<sub>21</sub> este descărcat, ambele armături ale sale fiind legate la “+”. Dacă se aplică “1” logic la intrarea de comandă 6 de la poarta B, ieșirea 4 a porții trece în “0” iar C<sub>21</sub> se comportă ca un scurtcircuit. Astfel, pe intrările 1, 2 ale porții A se aplică “0” logic iar ieșirea 3 a porții trece în “1”. Acest semnal se aplică pe legătura de reacție, pe intrarea 5 a porții B și chiar dacă semnalul de declanșare dispare, poarta B este menținută în “0” logic la ieșire prin legătura de reacție. Condensatorul C<sub>21</sub> se încarcă prin R<sub>24</sub>. Când potențialul pe condensator și aplicat pe intrările 1, 2 ale porții A atinge o valoare de aproximativ ½ din tensiunea de alimentare corespunzătoare nivelului “1” logic, ieșirea 3 a porții A revine în “0”. Dacă nivelul aplicat la intrarea 6 a porții B este “0” (a dispărut impulsul de declanșare), poarta B revine în “1” la ieșire, având “0” pe ambele intrări. S-a ajuns deci în starea stabilă. Fig. 4.3b prezintă forma de undă obținută în urma acestei prelucrări. Durata importantă a impulsului generat de CBM elimină riscurile provocate de fontul căzător incert dat de T<sub>6</sub>. Totuși perioada impulsului trebuie să fie inferioară perioadei impulsului de bază de la emițător.

**Furnizarea ordinului “citire”.** Acest semnal va avea ca efect citirea numărătorului cronometru. Impulsul pozitiv corespunzător (circa 330 μs, fig. 4.3c) este dat de monostabilul format de porțile C și D din IC1.

**Furnizarea ordinului de punere pe zero a numărătorului.** După efectuarea citirii numărătorului, este necesar să se pună pe zero numărătorul – cronometru. Impulsul pozitiv de citire

este inversat cu ajutorul porții *NOR IC4B* (fig. 3d), astfel încât frontul crescător al acestui ultim semnal corespunde sfârșitului impulsului de citire. Acest front crescător este luat în considerare de un alt monostabil, format din porțile *NOR A* și *B* din *IC2*. Impulsul de punere pe zero rezultat este foarte scurt (aproximativ 150 μs), fig. 4.3e.

**Generarea bazei de timp etalon.** Porțile *NOR C* și *D* din *IC2* sunt conectate ca multivibrator, a cărui perioadă de oscilație este proporțională cu  $(R_{27} + R) \times C_{24}$ . Frecvența semnalului poate fi reglată prin acționarea cursorului semireglabilului *R* și corespunde frecvenței de bază multiplicată cu 97. Aceste oscilații, destinate funcționării numărătorului – cronometru, trebuie să aibă fronturi crescătoare rapide, motiv pentru care sunt trecute printr-un trigger Schmitt format din poarta *SI IC3A*.

Când semnalul crescător caracterizat de o pantă diferită de verticală este aplicat circuitului, viteza de basculare a porții *SI* este accelerată de rezistența  $R_{29}$  ce aduce la intrare un supliment de energie.

**Numărătorul – cronometru** este format din două numărătoare zecimale conectate în cascadă: unul numără unitățile, celălalt numără zecile. Oscilațiile prezentate anterior se aplică la intrarea numărătorului de unități *IC5*. Ieșirea de transport a acestui integrat este legată la intrarea de numărare a zecilor *IC6*. Dacă cele două numărătoare sunt puse inițial pe zero, ansamblul de cronometrare va ocupa, succesiv, toate pozițiile 00, 01, ..., 98 și 99 dacă nu se aplică nici un impuls de punere pe zero. Poarta *SI IC3B* detectează poziția particulară 99. Când această stare este atinsă, poarta în discuție trimite pe intrarea de validare a numărătorului *IC5* un nivel logic “1”, care provoacă blocarea cronometrului în poziția 99. Această stare nu poate fi părăsită decât după aplicarea unui impuls de punere pe zero a celor două numărătoare. Trei diode sunt montate pe ieșirile *S6*, *S7* și *S8* ale numărătorului de unități.

Pe catodul comun diodelor se înregistrează o stare “1”, când cronometrul ocupă stările 06, 07 08 sau 36, 37, 38 etc. Datorită porții *SI IC3D*, la care una din intrări este legată la ieșirea *S9* a numărătorului zecilor, la ieșirea acestei porți apare nivel “1” doar când cronometrul ocupă pozițiile 96, 97, 98.

**Citirea cronometrului.** Ieșirea porții *SI* discutată este legată la intrarea porții *SI IC3C*, cealaltă intrare primind semnal corespunzător ordinului de citire. Astfel, pentru a se dispune pe durata a 330 μs a semnalului de citire cu nivel “1”, la ieșirea porții *SI IC3C*, trebuie ca în momentul citirii, numărătorul să ocupe una din pozițiile 96, 97 sau 98. Se întâlnesc trei cazuri:

1. Semnalul recepționat de la emițător are o perioadă corectă ( $t = T$ ). La semnalul de citire, cronometrul va ocupa una din pozițiile 96, 97 sau 98. Se înregistrează deci un impuls pozitiv scurt la ieșirea porții *SI IC3C*.

2. Semnalul recepționat de la emițător are o perioadă mai mică ( $t < T$ ). Cronometrul nu poate atinge niciodată pozițiile 96, 97 sau 98 întrucât el este pus pe zero înainte de atingerea stărilor. Nu se va înregistra deci nivel “1” la ieșirea porții *SI IC3C*.

3. Semnalul recepționat de la emițător are o perioadă prea mare ( $t > T$ ). În momentul citirii, cronometrul a depășit poziția 98 și s-a blocat în starea 99, așteptând impulsul de punere pe zero. Nu se va înregistra deci nivel logic “1” la ieșirea porții *SI IC3C*.

Impulsurile scurte, obținute după citire sunt folosite pentru formarea unor impulsuri late, cu monostabilul realizat cu porțile *NOR B* și *D* din *IC4*. Durata acestor impulsuri este suficientă pentru a fi înregistrate în cele ce urmează. Impulsurile sunt trimise spre condensatorul  $C_{28}$  prin  $D_1$  și  $R_{32}$ . Condensatorul se descarcă prin  $R_{33}$  cu o constantă de timp mai mare, integrând impulsurile date de monostabil, până când nivelul logic al intrărilor legate împreună ale porții *NOR IC4A* este “1”. La ieșirea porții apare “0” când frecvența emițătorului este considerată corectă de către receptor (fig. 4.3).

În repaus, nivelul ieșirii porții *NOR IC4A* fiind “1”,  $T_7$ , cu baza alimentată prin  $R_{34}$ , este saturat. Potențialul de colector egal cu zero duce la blocarea lui  $T_8$  și releul montat în circuitul de colector este în repaus. Când apare “0” ieșirea porții *NOR IC4A*,  $T_7$  se blochează,  $T_8$  ia curent de bază prin  $R_{35}$ , intră în conducție și releul anclanșează. Un *LED* de semnalizare indică anclanșarea releului.