

LUCRAREA 1

CONVERTOR ANALOG – NUMERIC CU SIMPLĂ RAMPĂ

1. Generalități

Convertorul analog – numeric (*CAN*) transformă o mărime cu variație analogică, aplicată la intrare, într-o mărime de ieșire numerică.

Procesul prin care are loc această transformare poate fi considerat ca fiind o clasificare a mărimii analogice de intrare într-un număr de clase (canale) distincte. Rezultatul procesului de conversie reprezintă numărul canalului care a fost atribuit mărimii analogice de intrare. Desemnarea canalelor în care este clasificată mărimea analogică de la intrare se face prin divizarea domeniului în care această mărime variază (diapazonul de intrare) într-un anumit număr de intervale. Aceste intervale distincte, care în continuare vor fi denumite *canale*, sunt individualizate printr-un număr întreg $K = 0, 1, 2, \dots, N$, ce reprezintă și nivelul asociat fiecărui canal.

Mărimea de intrare U_i este repartizată canalului K dacă ea satisface relația de apartenență la acest canal: $L_k \geq U_i > L_{k-1}$, unde L_k este limita superioară a canalului K (exprimată în unități ale mărimii de intrare, care, în continuare, va fi presupusă tensiune), iar L_{k-1} este limita superioară a canalului $K-1$. Diferența celor două limite reprezintă lățimea canalului și este dată de relația: $\Delta U = L_k - L_{k-1}$.

Se observă că toate semnalele de intrare care îndeplinesc relația de apartenență la canal sunt repartizate canalului respectiv, chiar dacă ele nu au aceeași mărime. Acest lucru atrage după sine o eroare principială a procesului de conversie: *eroarea de cuantificare*.

Mărimea numerică de ieșire corespunzătoare unei anumite mărimi analogice de intrare poartă o singură informație: numărul canalului atribuit acesteia. Cunoscând lățimea canalelor care, în cazul unui *CAN* ideal, este aceeași pe tot diapazonul de intrare, tot ce se poate spune despre mărimea U_i care a fost convertită în numărul N_k , este faptul că se găsește cuprinsă în intervalul $(N_{k-1} \cdot \Delta U \div N_k \cdot \Delta U)$. Astfel, dacă se cunoaște numărul canalului atribuit mărimii analogice de intrare, acuratețea cu care este definită aceasta este afectată de o eroare egală cu lățimea canalului.

Dacă se consideră canalul definit prin valoarea lui medie, $N_k = (L_k + L_{k-1}) / 2$, atunci, în raport cu nivelul mediu corespunzător canalului respectiv, valoarea reală a mărimii de intrare poate fi cuprinsă în intervalul $N_k \cdot \Delta U \pm \Delta U / 2$.

Mărimea $\pm \Delta U / 2$ reprezintă eroarea de cuantificare și se mai întâlnește exprimată sub forma $\pm 1/2 BS_{min}$, unde BS_{min} reprezintă *bitul de semnificație minimă*.

Existând o gamă largă de metode de conversie, nu se poate vorbi de o schemă bloc unică la *CAN*.

2. Schema bloc

În continuare, se va analiza un *CAN* simplă rampă, cu afișaj binar (cod BCD), având domeniul tensiunii de intrare $0 \dots 5V$.

Schema bloc este prezentată în fig. 1.1.

Presupunem că $T_e \gg T_0$. La fiecare front pozitiv al semnalului *CLOCK 2* (*CP2*) se anulează numărătorul *NR* și începe generarea tensiunii liniar variabile *TLV*, care va ataca borna (-) a comparatorului *C*. Atât timp cât $U_x \geq TLV$, la ieșirea *C* se generează un semnal logic HIGH, care permite trecerea impulsurilor de frecvență f_0 (*CP1*) prin poarta *P*, impulsuri numărate de numărătorul *NR*. Când $U_x < TLV$, poarta *P* este blocată prin apariția unui semnal logic LOW la ieșirea comparatorului *C*.

Expresia numărului de impulsuri contorizate în numărătorul *NR* este dedusă cu ajutorul diagramei de semnale din fig. 1.2.

Fie n panta *TLV*: $n = V_M / T_m = V_M / T_e$

Evident că: $N_x \cdot T_0 = U_x / m$ (1)

mică decât pragul. Ieșirea \overline{Q} a *CBB* atacă un etaj final de putere (inversor) și baza tranzistorului de descărcare. Când *CBB* este în starea logică “0” ($\overline{Q} = 1$), potențialul ieșirii este apropiat de masă, iar tranzistorul de descărcare poate absorbi curenți importanți. Când *CBB* este în starea logică “1”, tensiunea de ieșire este apropiată de tensiunea de alimentare, iar tranzistorul de descărcare este blocat. Circuitul dispune de o comandă suplimentară pentru circuitul basculant bistabil: aducerea la zero (*RESET*). Când terminalul 7, corespunzător acestei comenzi, este pus la masă, *CBB* tece necondiționat în starea zero: dacă potențialul acestui terminal este cuprins între 1 V și V_{CC} , comanda *CBB* este preluată de cele două comparatoare. Cu ajutorul unor elemente exterioare, obținem un generator de impulsuri dreptunghiulare.

Pentru a fixa ieșirea de zero a comparatorului dublu CB2711, polarizăm borna 6 (neinversoare) cu o tensiune mică (12 mV). Deoarece tensiunea diferențială maximă la intrare este ± 5 V, se prevăd două diode Zener de 4,7 V cu rol de limitator între intrările 5 și 4 ale circuitului CLB2711. Această conectare asigură protecția comparatorului. Semnalul TTL (*CP1*) se aplică intrării de numărare a unui numărător realizat cu două circuite CDB490.

Se mai iau în considerare semnalele:

RES – resetare numărător;

LOAD – încărcare registru de afișaj;

VALID – semnal de validare a ieșirii numerie a registrului (se furnizează spre exterior).

Aceste semnale sunt generate de trei circuite basculante monostabile (*CBM*), realizate cu circuitele integrate tip CDB4121, declanșate de *CP2*.

Funcționarea conform schemei bloc din fig. 1 este idealizată. În practică, apar anumite probleme, care își găsesc o rezolvare specifică. Formele de undă corespunzătoare circuitului real sunt prezentate în fig. 1.3.

Întârzierea t_i apare deoarece ieșirea semnalului rampă din *GTLV*, fiind luată de pe un repetor pe emitor (*T2*), este necesar un timp, determinat de panta de încărcare a condensatorului prin curentul constant al sursei de curent (*T3*), până când valoarea tensiunii pe condensator depășește valoarea V_{BE} , necesară intrării în conducție a tranzistorului repetor. Valoarea inițială a tensiunii pe condensator este dictată de tensiunea de saturație V_{CES} a tranzistorului comutator *T4*. Deoarece semnalul rampă se aplică la două intrări ale comparatorului dublu CLB2711, vom analiza în continuare funcționarea acestuia.

Semnalul *RAMP* va porni de la tensiunea zero. La borna 6 (+) a comparatorului se fixează o tensiune pozitivă (12 mV). Cât timp tensiunea rampă este mai mică de 12 mV, având în vedere că la borna 7 (-) se aplică acest semnal, la ieșirea comparatorului avem tensiune de nivel ridicat care, aplicându-se circuitului *SAU* de ieșire, dă la pinul 3 al circuitului integrat “1” logic. Cel de-al doilea comparator (intrările 3, 4) dă la ieșire semnal logic “0”, deoarece borna (-) 3 este legată la tensiunea de măsură, iar borna (+) este practic la masă. Deoarece tensiunea de 12 mV este aplicată la borna 6, comparatorul va comuta în starea logică “0” în momentul când tensiunea rampă depășește această valoare. Putem considera practic că această tensiune este depășită chiar la începutul cursei liniare a rampei, datorită valorii scăzute a tensiunii de referință, de + 12 mV (în realitate, avem o întârziere dată de panta *GTLV*). Starea “0” a comparatorului durează până când tensiunea rampă aplicată bornei 4 (+) depășește valoarea tensiunii de intrare V_i , aplicată bornei 3 (-). În acest moment, la ieșirea 9 a comparatorului dublu este “1” logic. Ca urmare, semnalul de ieșire din comparator este ca în fig. 3. Acest semnal este inversat de etajul *T1*, din colectorul căruia se controlează intrarea 7 a circuitului $\beta E555$, care realizează generatorul *CP1*. Pe durata ciclului de conversie (când borna 7 primește tensiune de nivel ridicat), oscilațiile date de *CP1* nu sunt blocate și la ieșirea 6 a circuitului apar impulsuri cu perioada T_0 .

Durata de menținere a acestor impulsuri este dată de durata impulsului la intrarea 7, deci direct proporțională cu tensiunea de intrare V_i . Impulsurile sunt transmise la intrarea 14 a unui numărător decadic (două circuite CDB490). Capacitatea maximă a numărătorului este de $10 \times 10 = 100$ stări. Ieșirile numărătoarelor dau rezultatul conversiei în cod BCD.

Circuitele CDB490 numără pe frontul căzător al impulsului de numărare (intrarea 14). Intrările de inițializare $R_{0(1)}$, $R_{0(2)}$ - pinii 2, 3 - aduc numărătorul în starea zero (0000) în momentul în care sunt cuplate la nivel “1” logic. În același timp, cel puțin una din intrările de inițializare $R_{9(1)}$, $R_{9(2)}$ - pinii 6, 7 - trebuie să fie legată la masă. Aceste intrări servesc pentru inițializarea numărătorului în starea 9 (1001) și nu sunt utilizate în această aplicație. Intrările de inițializare pe zero a numărătoarelor sunt

legate la borna *RES* de la *CBM1*, declanșat pe frontul căzător al semnalului *CP2*. Durata impulsului generat de acest monostabil se alege de valoare mai mică decât t_i , astfel încât apariția impulsurilor de ieșire de la *CP1* (borna 6) să găsească numărătoarele cu conținut zero. În numărătoare, se va înregistra în cod BCD un număr egal cu numărul de impulsuri N_x generat de circuitul *CP1* pe durata conversiei. Conținutul acestor numărătoare este transferat memoriilor realizate cu 4 circuite integrate CDB474 (2 bistabile D pe capsulă), care transferă informațiile de la intrarea *D* la ieșirea *Q* la tranziția LOW – HIGH a impulsului de tact *T*. În restul timpului, orice modificare a stării intrării *D* nu este transmisă la ieșirea *Q* a circuitului. Impulsul de tact *LOAD* pentru transferul datelor în memorie este generat de *CBM2*, declanșat la tranziția LOW – HIGH a semnalului *CP2*. Conform diagramelor din fig. 1.3, acest impuls apare după încheierea ciclului de conversie, deci numărătoarele sunt încărcate cu valoare numerică atribuită tensiunii de intrare în urma conversiei analog – numerice. Cu ajutorul unor LED-uri și rezistențe de limitare se semnalizează rezultatul conversiei în cod BCD, pe 2 digiți.

CBM3 generează un impuls *VALID* pe frontul căzător al impulsului *LOAD*, la ieșirea *CBM2*. Acest impuls este furnizat în exteriorul montajului, fiind necesar în anumite aplicații, de exemplu multicanal.

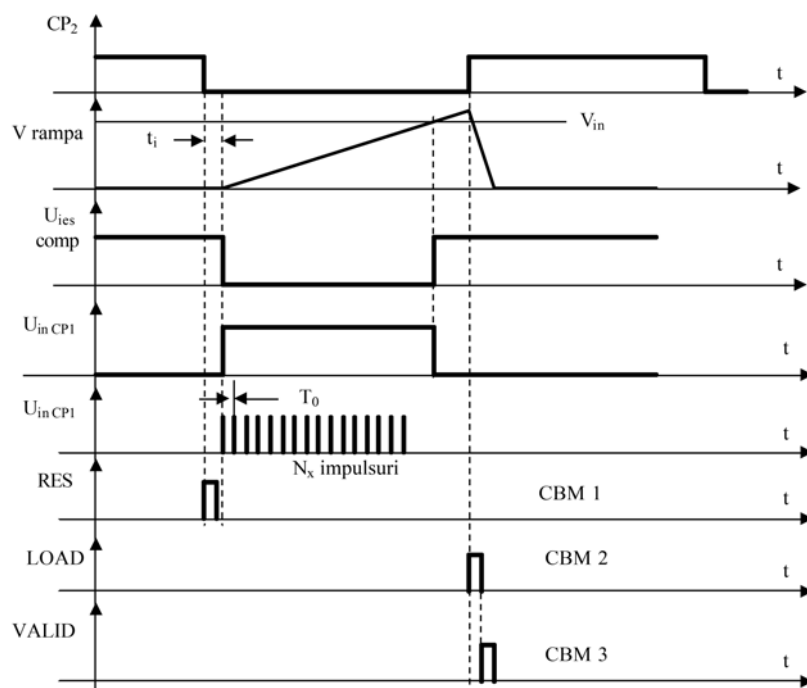


Fig. 1.3

4. Determinări experimentale

1. Se verifică formele de undă de la *CP1*, *CP2*.
2. Se vizualizează forma de undă de la circuitul *GTLV*, împreună cu semnalul *CP2* (pe osciloscop cu 2 canale).
3. Se vizualizează forma de undă a semnalului de ieșire din comparatorul dublu și se compară cu forma de undă a *GTLV* (pe osciloscop cu 2 canale).
4. Se verifică fazarea impulsurilor *RES*, *LOAD*, *VALID* în raport cu semnalul *CP2*.
5. Ce reglaje trebuie să executăm astfel încât la o tensiune de intrare de 1 V, rezultatul afișat la ieșire să fie 00010000 ? Cât este lățimea canalului în această situație?
6. Se oscilografiază forma de undă a tensiunii pe condensatorul cuplat la intrarea 5 a circuitului integrat $\beta E555$ care echează *CP2* și forma de undă a semnalului de ieșire din acest circuit (borna 6). Se compară cele două semnale. Se va determina expresia perioadei și duratei impulsului, explicându-se funcționarea montajului oscilator.
7. Se vor desena formele de undă pe intrările și ieșirile celor două comparatoare din structura circuitului integrat *CLB2711* și semnalul de ieșire în circuit (borna 9).

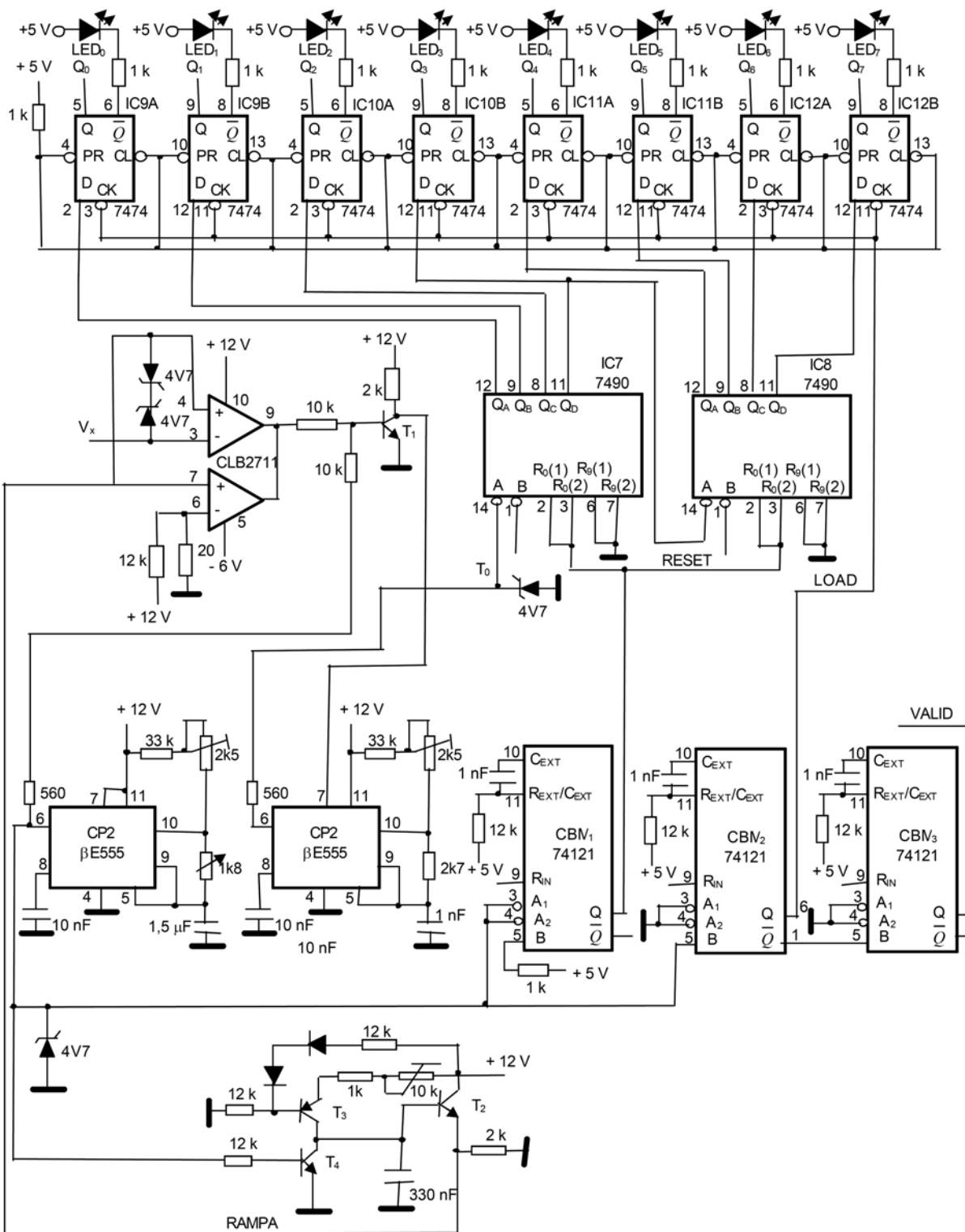


Fig. 1.4 Schema elettrica a CAN