



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară  
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”  
SEBEȘ, 2016

## CONSIDERAȚII ASUPRA CIRCUITULUI CHUA

Partea a II-a

George MAHALU, Radu PENTIUC

### CONSIDERATIONS ABOUT CHUA'S CIRCUIT – Part II

This paper presents modeling techniques and design nonlinear memristor elements type, typically used in Chua's circuit structure. Extremely laborious analyzes and mathematical techniques modeling approach is support for initiating many procedures for designing a linear negative resistance element, but not only.

Keywords: memristor, nonlinear, converter, circuit  
Cuvinte cheie: memristor, neliniar, convertor, circuit

#### 1. Introducere

O sursă de tensiune controlată în tensiune (STCT) poate fi utilă în realizarea unui convertor de rezistență negativă. Acesta din urmă poate fi folosit în realizarea unui element neliniar, cunoscut sub denumirea de *diodă Chua*, util în realizarea circuitului Chua.

În scopul realizării unui astfel de element neliniar, prezentând porțiuni de caracteristică negativă, pot fi utilizate amplificatoarele operaționale. Un exemplu de aplicare a acestora este prezentat în continuare.

#### 2. Descrierea convertorului de rezistență negativă

Sunt de remarcat o serie de proprietăți specifice ale STCT:

1. Impedanța de intrare este infinită iar cea de ieșire nulă.
2. Între tensiunea de intrare și cea de ieșire se stabilește relația:

$$v_o = Av_i \quad (6)$$

cu  $A$  mărime complexă semnificând funcția de transfer a blocului [4, 6-12]. În cazul în care  $A$  se reduce la un factor real, valoarea sa semnifică panta caracteristicii de transfer (figura 4).

Cu ajutorul unui STCT se poate realiza un Convertor de Rezistență Negativă (CRN), conform figurii 5.

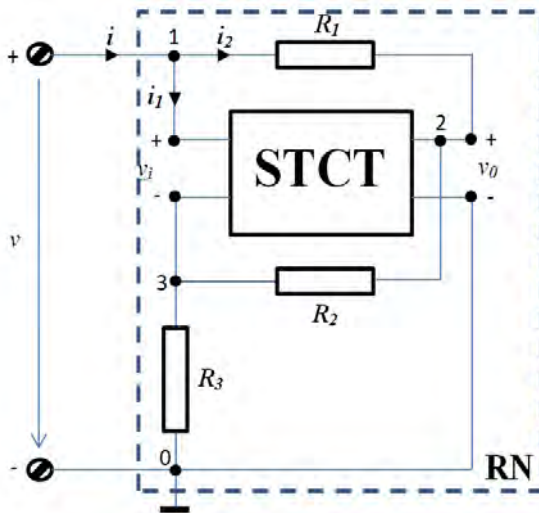


Fig. 5 Structura CRN

Caracteristica  $i(v)$  a CRN este prezentată în figura 6. Între tensiunea de ieșire  $v_o$  și tensiunea de intrare  $v_i$  rezidă relația 6. Vom face o analiză pe două ochiuri de rețea, ținând cont de faptul că  $i_1 \ll i_2$ :

1° nodul 1 – intrare STCT – nodul 3 –  $R_3$  – nodul 0

2° nodul 1 –  $R_1$  – nodul 2 – ieșire STCT – nodul 0

Se poate scrie:

$$v = \frac{R_2 + R_3(1+A)}{R_2 + R_3} v_i \quad (7)$$

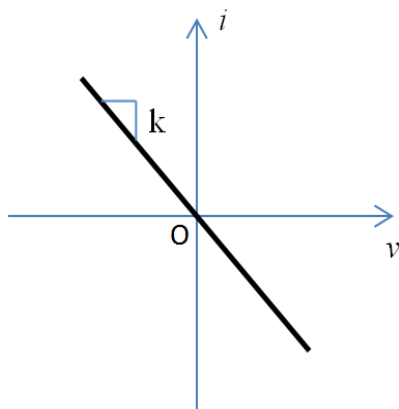


Fig. 6 Caracteristica  $i(v)$  a CRN

Din 2° rezultă:

$$i = i_1 + i_2 \approx i_2 = \frac{v - Av_i}{R_1} \quad (8)$$

Ne interesează în continuare găsirea expresiei  $i(v)$ . Eliminând  $v_i$  între relațiile (7) și (8), găsim:

$$i = kv$$
$$k = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_3 + R_2(1-A)}{R_2 + R_3(1+A)} \quad (9)$$

Se constată că pentru  $A \gg I$  se obține  $k \approx -\frac{R_2}{R_1 R_3}$ , adică pantă negativă. Considerând  $R_1 = R_2$ , putem scrie:

$$i = -\frac{I}{R_3} v \quad (10)$$

### 3. Implementarea CRN cu AO

AO furnizează o modalitate de aproximare a structurii idealizate de CRN. În figura 7 se consideră un circuit cu AO în regim diferențial.

Atunci când tensiunea diferențială de intrare  $v_i$  este suficient de mare în valoare absolută, și negativă, tensiunea de ieșire devine aproximativ constantă și de valoare  $E_{sat}^-$ , și vom spune că sistemul se găsește în *regim de saturație negativă*.

Atunci când tensiunea de intrare este mică în valoare absolută, ieșirea variază aproximativ liniar. Factorul de amplificare în regiunea liniară este, uzual, mai mare de  $10^5 V/V$ . În plus, se presupune caracteristica de transfer în tensiune decalată cu un offset față de origine în sensul pozitiv al axei absciselor, astfel încât valoarea acestuia devine  $V_{os}$ .

Această valoare este, în mod tipic, de câțiva milivolți.

În fine, atunci când tensiunea de intrare devine pozitivă și de valoare suficient de mare, ieșirea se fixează pe valoarea constantă  $E_{sat}^+$ . Acesta este *regimul de saturație pozitivă*.

Caracteristica de transfer în tensiune arată ca în figura 8, fiind alcătuită din trei sub-caracteristici liniare.

Deoarece o structură reală cu AO prezintă capacități de compensare și de asemenea inductanțe și capacități parazite, un model complet al sistemului va trebui să includă și elemente dinamice.

Pentru simplitate, însă, vom presupune în continuare că structura cu AO este pur rezistivă la frecvențele de interes ale circuitului Chua. Vom mai presupune și că impedanța de ieșire a AO este suficient de mică, astfel încât să poată fi considerată nulă.

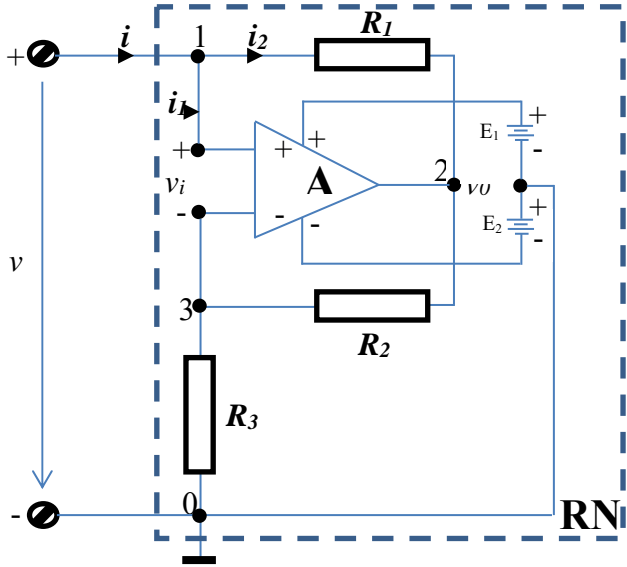


Fig. 7 Schema de implementare CRN

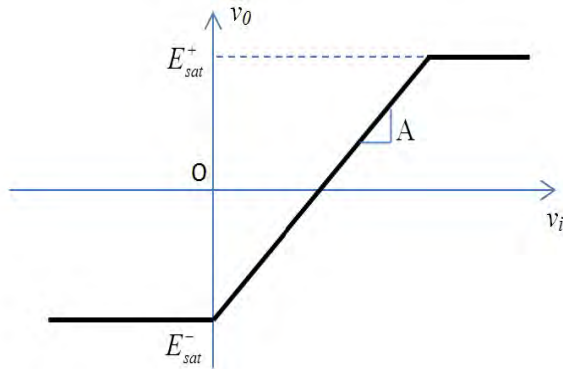


Fig. 8 Caracteristica de transfer în tensiune a STCT

Astfel, pentru toate scopurile practice, ieșirea AO se comportă ca o sursă de tensiune ideală în timp ce intrarea se consideră în circuit

deschis. Din acest motiv putem numi structura AO respectivă ca fiind o STCT, cu:  $i=0$ ,  $v_o=f(v_i)$  ( $f(\cdot)$  precizat în figura 8).

Avantajul unui astfel de model liniar-segmentat este acela că permite determinarea comportamentului sistemului prin analiza liniară separată a fiecărei regiuni de operare: cea de saturație negativă, cea liniară și respectiv cea de saturație pozitivă.

Modelul de neliniaritate prezentat în figura 8 presupune un offset nenul, un factor de amplificare de valoare finită pentru porțiunea specifică regiunii liniare și nivele de saturație posibil diferite ca valoare absolută.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Chua, L. O., *Memristor - the missing circuit element*. IEEE Trans. Circuit Theory 18, 507–519 (1971).
- [2] Mahalu, G., Mahalu C., Dumitrăcel, I., *Considerații de proiectare a elementului neliniar al circuitului Chua*, Simpozionul Național de Informatică, Automatizări și Telecomunicații în Energetică, Sinaia 22-24 Octombrie (2014).
- [3] Kennedy, M.P., *Three Steps to Chaos*, IEEE Transactions, vol. 40, No. 10, pp.657-674, October (1993).

Conf.Dr.Ing. George MAHALU  
Prof.Dr.Ing. Radu PENTIUC  
Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava  
membri AGIR  
e-mail: mahalu@eed.usv.ro  
radup@eed.usv.ro