

Reactia in circuite electronice

Topologii de reactie

Principiul reactiei	1
Tipuri de reactie in circuitele electronice.....	3
Reactia cu comparare pe bucla si esantionare in nod.....	3
Reactia cu comparare in nod si esantionare pe bucla.....	4
Reactia cu comparare pe bucla si esantionare pe bucla.....	6
Reactia cu comparare in nod si esantionare in nod.....	7
Stabilitatea circuitelor cu reactie.....	8

Principiul reactiei

In cele ce urmeaza ne vom ocupa in principal de circuite liniare cu reactie.

Schema bloc a unui circuit cu reactie este prezentata in Fig.1:

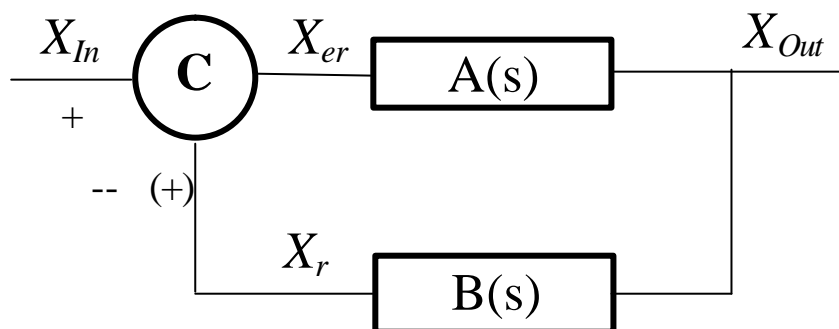


Fig. 1 Schema bloc a unui sistem cu reactie

Pe schema bloc anterioara, circuitul de pe calea directa are functia de transfer $A(s)$, circuitul de pe calea inversa are functia de transfer $B(s)$. Comparatorul este un sumator care poate furniza suma sau diferenta semnalelor X_{In} si X_r , in functie de semnul intrarii corespunzator lui X_r , din acest motiv fiind deseori utilizata denumirea de reactie *pozitiva* sau *negativa*.

In principiu functionarea unui asemenea circuit poate fi descrisa astfel: semnalul de iesire X_{Out} (tensiune sau curent) este prelucrat de circuitul situat pe calea inversa si "adus" la intrarea circuitului sub forma unui semnal de reactie X_r , unde se compara cu semnalul de intrare X_{In} , rezultatul fiind un semnal de eroare X_{er} , care este amplificat de circuitul de pe calea directa, rezultatul fiind chiar semnalul de iesire.

Functionarea unui circuit cu reactie depinde fundamental de modul in care se realizeaza comparatia si de natura circuitelor de pe calea directa si inversa. Semnalele de intrare si iesire din circuit pot fi atat tensiuni cat si curenti. Semnalul de reactie si semnalul de eroare sunt insa de acelasi tip cu cel de intrare (pentru a fi posibila comparatia). Din punct de vedere al structurii circuitelor cu reactie, in general circuitul de pe calea directa este activ (un amplificator), in timp ce circuitul de pe calea inversa (a carui functie de transfer este $B(s)$) este pasiv (retea de elemente

pasive). Exista insa si situatii in care atat pe calea directa cat si pe cea inversa sunt plasate circuite active.

Functia de transfer a circuitului cu reactie se calculeaza usor pe baza relatiilor care se stabilesc intre marimile din schema bloc anterioara.

> **restart:**

In cazul reactiei negative, aceste relatii sunt date de ecuatiile de mai jos:

> **eq:=**

**{X[er]=X[In]-X[r],
X[Out]=X[er]*A,
X[r]=X[Out]*B};**

$$eq := \{X_{er} = X_{In} - X_r, X_{Out} = X_{er} A, X_r = X_{Out} B\}$$

> **semnale:=solve(eq, {X[Out], X[r], X[er]});**

$$semnale := \{X_r = \frac{X_{In} A B}{1 + A B}, X_{er} = \frac{X_{In}}{1 + A B}, X_{Out} = \frac{X_{In} A}{1 + A B}\}$$

Functia de transfer a circuitului cu reactie negativa este:

> **Hrn:=eval(X[Out], semnale)/X[In];**

$$Hrn := \frac{A}{1 + A B}$$

In cazul reactiei pozitive, aceste relatii sunt date de ecuatiile de mai jos:

> **eq:=**

**{X[er]=X[In]+X[r],
X[Out]=X[er]*A,
X[r]=X[Out]*B};**

$$eq := \{X_{er} = X_{In} + X_r, X_{Out} = X_{er} A, X_r = X_{Out} B\}$$

> **semnale:=solve(eq, {X[Out], X[r], X[er]});**

$$semnale := \{X_{er} = -\frac{X_{In}}{-1 + A B}, X_{Out} = -\frac{X_{In} A}{-1 + A B}, X_r = -\frac{X_{In} A B}{-1 + A B}\}$$

Functia de transfer a circuitului cu reactie pozitiva este:

> **Hrp:=eval(X[Out], semnale)/X[In];**

$$Hrp := -\frac{A}{-1 + A B}$$

Din expresiile anterioare rezulta ca functia de transfer a sistemului cu reactie depinde de produsul $A B$, care reprezinta de fapt functia de transfer a sistemului cu bucla de reactie intrerupta ca in Fig.2

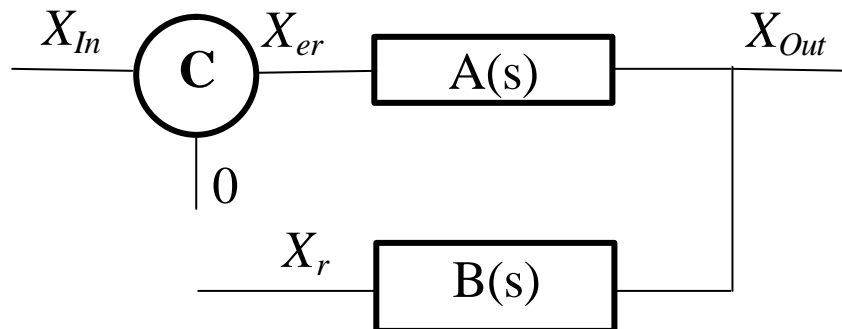


Fig. 2 Schema bloc a sistemului cu bucla de reactie intrerupta

```

> restart :
> eq:=
{X[er]=X[In],
X[Out]=X[er]*A,
X[r]=X[Out]*B};
      eq := {Xer = XIn, XOut = Xer A, Xr = XOut B}
> semnale:=solve(eq,{X[Out],X[r],X[er]});
      semnale := {Xer = XIn, XOut = XIn A, Xr = XIn A B}
> Hd:=eval(X[r],semnale)/X[In];
      Hd := A B
    
```

Trebuie mentionat insa ca in relatiile anterioare nu s-a tinut cont de efectelor cuplajelor (datorate impedantelor finite de intrare-iesire).

Tipuri de reactie in circuitele electronice

Pentru simplitate, vom trata numai reactia pozitiva, consideratiile in cazul reactiei negative fiind similare.

Asa cum s-a vazut in paragraful anterior, atat semnalul de intrare cat si semnalul de iesire poate avea atat semnificatie fizica de curent cat si de tensiune. In functie de tipul acestora, exista inasa urmatoarea clasificare:

- reactie cu comparare pe bucla si esantionare in nod;
- reactie cu comparare in nod si esantionare pe bucla;
- reactie cu comparare pe bucla si esantionare pe bucla;
- reactie cu comparare in nod si esantionare in nod.

Reactia cu comparare pe bucla si esantionare in nod

In acest caz, semnalele de intrare si iesire sunt tensiuni. Denumirea acestui tip de reactie se deduce imediat din topologia circuitului (Fig. 3). Atat circuitul de pe calea directa cat si cel de pe calea inversa poate fi modelat ca sursa de tensiune controlata in tensiune (STCT).

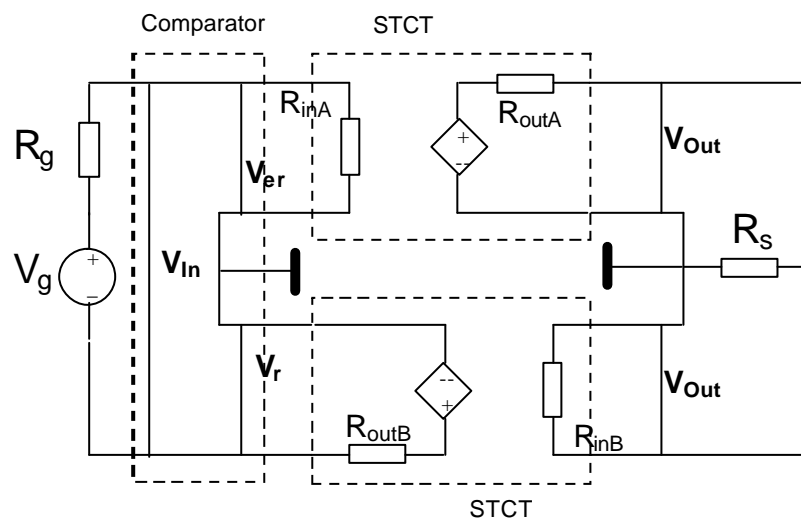


Fig. 3 Reactie cu comparare pe bucla si esantionare in nod (paralel - serie)

Analiza simbolica:

```
> restart:
> with(Syrup):
> ReactieCBEN:=
"Reactia cu Comparare pe bucla si Esantionare in nod
*Excitatie este o sursa de tensiune:
Vg IntG Inminus Vg
Rg Inplus IntG Rg
*Circuitul de pe calea directa este modelat cu STCT:
RinA Inplus 0 RinA
EA IntA 0 Inplus 0 A
RoutA Out IntA RoutA
*Circuitul de pe calea inversa este modelat cu STCT:
RinB Out 0 RinB
EB IntB 0 Out 0 B
RoutB Inminus IntB RoutB
*Impedanta de sarcina:
Rs Out 0 Rs
.end":
> syrup(ReactieCBEN,ac,curenti,tensiuni):
Syrup/parsedeck: Analyzing SPICE deck "Reactia cu Comparare pe bucla si
esantionare in nod" (ignoring this line)
> tensiuni:
> curenti:
```

Functia de transfer a circuitului cu reactie este de forma:

```
> Hrp:=simplify(eval((v[Out])/(v[Inplus]-v[Inminus]),tensiuni));
Hrp := A RinA RinB Rs/(Rs RoutA RoutB + Rs RoutA RinA + RinB RoutA RoutB
+ RinB RoutA RinA + RoutB RinB Rs - RinB Rs B A RinA + RinA RinB Rs)
```

In expresia anterioara se regasesc inclusiv efectelor cuplajelor intre circuite. Pentru a obtine formula caracteristica sistemelor cu reactie in cazul ideal este necesar ca sursele sa se apropie de situatia ideala (a se vedea observatiile de la sfarsitul paragrafului).

```
> Hrpideal:=simplify(limit(Hrp,{RinA=infinity,RoutA=0,RinB=infinity,
RoutB=0}));
```

$$H_{rpideal} := -\frac{A}{BA-1}$$

Reactia cu comparare in nod si esantionare pe bucla

In acest caz, semnalele de intrare si iesire sunt curenti. Denumirea acestui tip de reactie se deduce imediat din topologia circuitului (Fig. 4). Atat circuitul de pe calea directa cat si cel de pe calea inversa poate fi modelat ca sursa de curent controlata in curent (STCT).

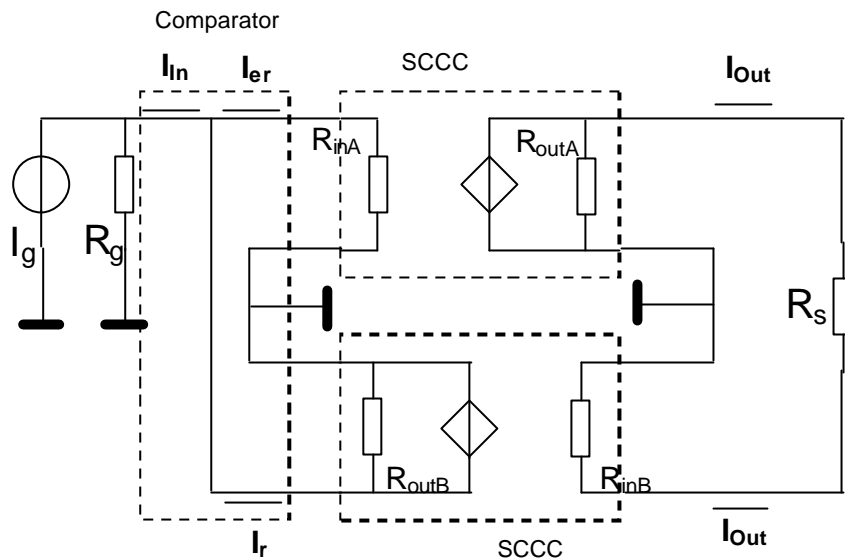


Fig. 4 Reactie cu comparare in nod si esantionare pe bucla (serie - paralel)

Analiza simbolica:

```
> restart:
> with(Syrup):
> ReactieCNEB:=
"Reactia cu Comparare in nod si Esantionare pe bucla
*Excitatie este o sursa de curent:
Ig 0 In Ig
Rg In 0 Rg
*Circuitul de pe calea directa este modelat cu SCCC:
RinA In 0 RinA
FA 0 Outplus RinA A
RoutA Outplus 0 RoutA
*Circuitul de pe calea inversa este modelat cu SCCC:
RinB Outminus 0 RinB
FB 0 In RinB B
RoutB In 0 RoutB
*Impedanta de sarcina:
Rs Outplus Outminus Rs
.end":
> syrup(ReactieCNEB,ac,curenti,tensiuni):
Syrup/parsedeck: Analyzing SPICE deck "Reactia cu Comparare in nod si
Esantionare pe bucla" (ignoring this line)
> tensiuni:
> curenti:
Functia de transfer a circuitului cu reactie este de forma:
> Hrp:=simplify(eval(i[Rs]/(Ig-i[Rg]),curenti));
Hrp := - A RoutA RoutB/(-Rs RinA - RinA RinB - RoutA RinA + A RoutA B RoutB
- RoutB RinB - RoutB RoutA - RoutB Rs)
```

In expresia anterioara se regasesc inclusiv efectelor cuplajelor intre circuite. Pentru a obtine formula caracteristica sistemelor cu reactie in cazul ideal este necesar ca sursele sa se apropie de situatia

ideala (a se vedea observatiile de la sfarsitul paragrafului).

```
>Hrpideal:=simplify(limit(eval(Hrp,{RoutA=RinA*KA,RoutB=RinB*KB}},{KA=infinity,KB=infinity}));
```

$$Hr_{ideal} := -\frac{A}{AB-1}$$

Reactia cu comparare pe bucla si esantionare pe bucla

In acest caz, semnalul de intrare este tensiune iar semnalul de iesire este curent. Denumirea acestui tip de reactie se deduce imediat din topologia circuitului (Fig. 5). Circuitul de pe calea directa este modelat cu curent controlata in tensiune (SCCT), iar cel de pe calea inversa poate fi modelat cu sursa de tensiune controlata in curent (STCC).

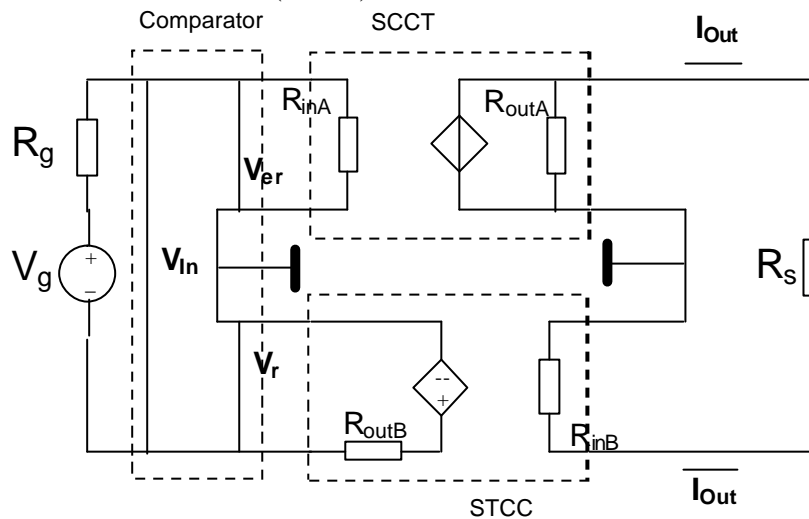


Fig. 5 Reactie cu comparare pe bucla si esantionare pe bucla (serie - serie)

Analiza simbolica:

```
> restart:
> with(Syrup):
> ReactieCBEB:=
"Reactia cu Comparare pe bucla si Esantionare pe bucla
*Excitatie este o sursa de tensiune:
Vg IntG Inminus Vg
Rg Inplus IntG Rg
*Circuitul de pe calea directa este modelat cu SCCT:
RinA Inplus 0 RinA
GA 0 Outplus Inplus 0 A
RoutA Outplus 0 RoutA
*Circuitul de pe calea inversa este modelat cu STCC:
RinB Outminus 0 Rb
HB IntB 0 RinB B
RoutB Inminus IntB RoutB
*Impedanta de sarcina:
Rs Outplus Outminus Rs
.end":
> syrup(ReactieCBEB,ac,curenti,tensiuni):
```

Functia de transfer a circuitului cu reactie este de forma:

```
> Hrp:=simplify(eval(i[Rs]/(v[Inplus]-v[Inminus]),curenti union tensiuni));
```

$$Hrp := \frac{A R_{outA} R_{inA}}{(R_{outA} R_{inA} + R_{inA} R_b + R_{inA} R_s - B A R_{outA} R_{inA} + R_s R_{outB} + R_b R_{outB} + R_{outA} R_{outB})}$$

In expresia anterioara se regasesc inclusiv efectelor cuplajelor intre circuite. Pentru a obtine formula caracteristica sistemelor cu reactie in cazul ideal este necesar ca sursele sa se apropie de situatia ideala (a se vedea observatiile de la sfarsitul paragrafului).

```
> limit(Hrp, {RinA=infinity, RoutA=infinity, RinB=infinity, RoutB=0});
```

$$\frac{A}{1 - AB}$$

Reactia cu comparare in nod si esantionare in nod

In acest caz, semnalul de intrare este curent, iar semnalul de iesire este tensiune. Denumirea acestui tip de reactie se deduce imediat din topologia circuitului (Fig. 6). Circuitul de pe calea directa poate fi modelat cu o sursa de tensiune controlata in curent (STCC), iar cel de pe calea inversa poate fi modelat cu o sursa de curent controlata in tensiune (SCCT).

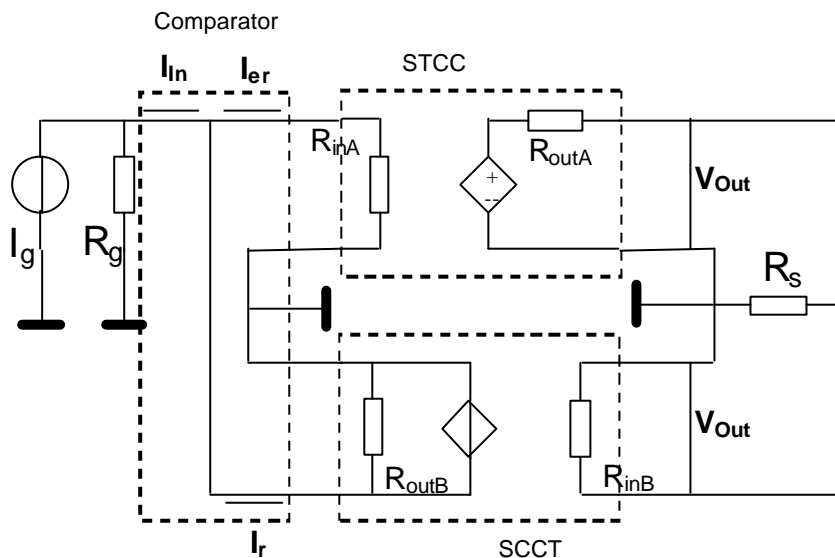


Fig. 6 Reactie comparare in nod si esantionare in nod (paralel - paralel)

Analiza simbolica:

```
> restart:
```

```
> with(Syrup):
```

```
> ReactieCNEN:=
```

```
"Reactia cu Comparare in nod si Esantionare in nod
```

```
*Excitatie este o sursa de curent:
```

```
Ig 0 In Ig
```

```
Rg In 0 Rg
```

```
*Circuitul de pe calea directa este modelat cu STCC:
```

```
RinA In 0 RinA
```

```
HA IntA 0 RinA A
```

```
RoutA Out IntA RoutA
```

***Circuitul de pe calea inversa este modelat cu SCCT:**

RinB Out 0 RinB

GB 0 In Out 0 B

RoutB In 0 RoutB

***Impedanta de sarcina:**

Rs Out 0 Rs

.end":

> syrup(ReactieCNEN,ac,curenti,tensiuni):

Syrup/parsedeck: Analyzing SPICE deck "Reactia cu Comparare in nod si Esantionare in nod" (ignoring this line)

> tensiuni:

> curenti:

Functia de transfer a circuitului cu reactie este de forma:

> Hrp:=simplify(eval(v[Out]/(Ig-i[Rg]),tensiuni union curenti));

$Hrp := -A RinB Rs RoutB / (-RinA RinB RoutA - RoutB Rs RoutA - RoutB RinB RoutA - RinA Rs RoutA - RinA RinB Rs + A B RinB Rs RoutB - RinB Rs RoutB)$

In expresia anterioara se regasesc inclusiv efectelor cuplajelor intre circuite. Pentru a obtine formula caracteristica sistemelor cu reactie in cazul ideal este necesar ca sursele sa se apropie de situatia ideala (a se vedea observatiile de la sfarsitul paragrafului).

>

Hrpideal:=simplify(limit(Hrp,{RinA=0,RoutA=0,RinB=infinity,RoutB=infinity}));

$$Hrpideal := -\frac{A}{A B - 1}$$

Observatie. Situatia ideala pentru surse controlate consta in:

- STCT: impedanta de intrare infinita, impedanta de iesire zero
- SCCC: impedanta de intrare zero, impedanta de iesire infinita
- STCC: impedanta de intrare infinita, impedanta de iesire infinita
- SCCT: impedanta de intrare zero, impedanta de iesire zero

Stabilitatea circuitelor cu reactie

Pentru studiul stabilitatii circuitelor liniare cu reactie se utilizeaza unul din criteriile de analiza cunoscute: criteriul Nyquist, metoda locului radacinilor. Fara a aprofunda aceste criterii care constituie subiecte separate de discutie, trebuie spus ca stabilitatea este influentata de tipul reactiei (pozitiva sau negativa). Astfel este posibil ca un circuit cu reactie negativa sa constituie un amplificator selectiv, in timp ce circuitul cu reactie pozitiva sa constituie un oscilator. Foarte des, in circuitele cu reactie pe calea directa se gaseste un amplificator de tensiune si sau curent, care are o caracteristica de transfer neliniara (cu limitare). (exemplu uA741). In aceasta situatie pentru circuitul cu reactie exista multiple posibilitati, o parte fiind enumerate mai jos:

- circ. cu reactie are polii in semiplanul stang, caz in care este amplificator/circuit selectiv de tip FTB;
- circ. cu reactie are poli in semiplanul drept; in cazul in care sunt doi poli in semiplanul drept circuitul este oscilator, limitarea semnalului fiind facuta de caracteristica neliniara a amplificatorului.