

TEMĂ

-Electrotehnică-

Abstract Documentul de mai jos reprezintă tema mea la Electrotehnică, temă pe care am efectuat-o de-a lungul a opt zile, cu un timp de lucru mediu de 5-6 ore pe zi. Am urmărit îndeaproape metodele prezentate în breviarul de seminar pus la dispoziție pe acs.curs, cu ajutorul cărora am rezolvat cerințele propuse în temă.

Cu mult ajutor de pe paginile Overleaf, Stack Exchange, dar mai ales din arhiva pusă la dispoziție pe pagina de acs.curs (Template latex v4), sper că am reușit să duc, cu succes, tema la bun sfârșit și să-i ofer un aspect cât se poate de plăcut.

Petru Rareș
Grupa 312CD
Facultatea de Automatică și Calculatoare
Universitatea POLITEHNICA din
București
03.05.2020

Cuprins

1	Generarea unui circuit	3
2	Metode sistematice eficiente	5
2.1	Tabel metode	5
2.2	Rezolvarea circuitului cu metoda cea mai eficientă	5
3	Generatorul echivalent de tensiune	7
3.1	Echivalarea circuitului față de bornele A și B	7
3.2	Punctul static de funcționare pentru rezistorul liniar și generatorul echivalent	10
3.3	Punctul static de funcționare pentru dioda semiconductoare și generatorul echivalent	10
4	Surse comandate	13
4.1	Transformare SIT în SUCI	13
4.2	Transformare SIC în SICU	14
4.3	Netlists	15
5	Redactare Latex	16
6	Concluzii	17
	Bibliografie	18
A	Cod Matlab	19
B	Cod Octave	23

1 Generarea unui circuit

Primul pas în generarea circuitului electric cu soluții întregi a fost construirea unei perechi de grafuri, unul de curenți și unul de tensiuni și a unui arbore, după care m-am ghidat în a pune curenți pe ramurile sale și tensiuni pe coarde.

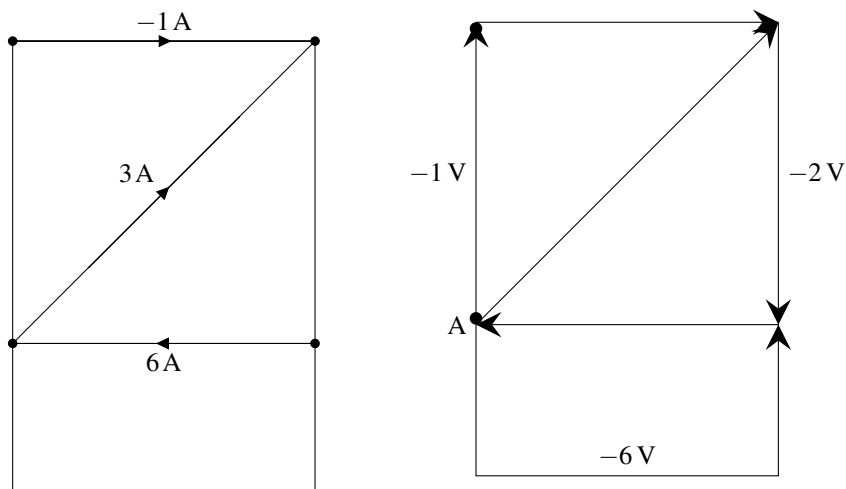


Figura 1: Grafurile inițiale: stânga - graful de curenți; dreapta - graful de tensiuni.

Al doilea pas în generarea circuitului a fost să completez grafurile și să verific corectitudinea completării cu ajutorul teoremei lui Tellegen.

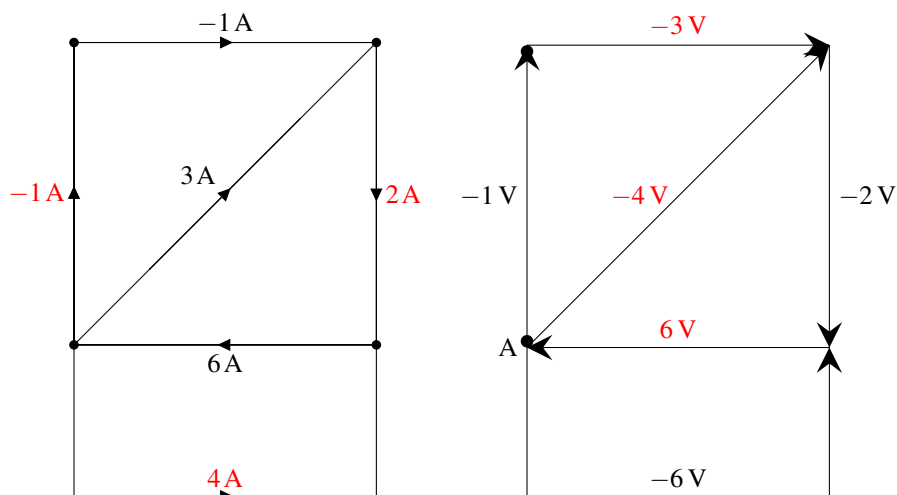


Figura 2: Soluția circuitului generat: stânga - graful de curenți; dreapta - graful de tensiuni.

$$P_R = (-1) \cdot (-1) + (6) \cdot 6 + 3 \cdot (-4) + (4) \cdot (-6) + (-1) \cdot (-3) + 2 \cdot (-2) = 0W,$$

$$P_G = 0W.$$

(1)

Relațiile din 1 validează corectitudinea valorilor curenților și tensiunilor, fapt pentru care putem trece la **pasul 3**, în care completăm laturile cu elementele cerute în cadrul cerinței, și stabilim și o serie de valori convenabile.

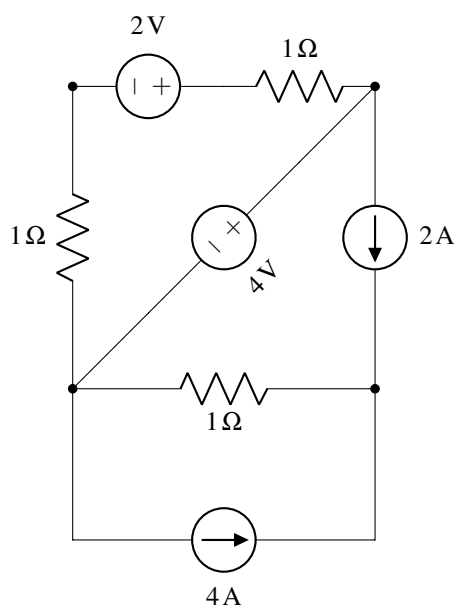


Figura 3: Circuit.

Din fig. 3, reies următoarele caracteristici topologice ale circuitului:

Tabelul 1: Topologia circuitului.

Topologie
$L = 6$
$N = 4$
$n_{SIC} = 2$
$n_{SIT} = 1$

2 Metode sistematice eficiente

În cadrul acestui task, am analizat care ar fi cea mai eficientă metodă pentru rezolvarea circuitului generat în fig. 3 și, conform acesteia, am rezolvat circuitul.

2.1 Tabel metode

Din tabelul 1 reies următoarele date:

Tabelul 2: Tabel metode.

Metoda	Număr de ecuații
Kirchoff clasic	$2L = 12$
Kirchoff în curenți	$L - N + 1 = 3$
Kirchoff în tensiuni	$N - 1 = 3$
Curenți de coarde (curenți de bucle/curenți ciclici)	$L - N + 1 - n_{SIC} = 1$
Tensiuni în ramuri (poțentiale ale nodurilor dacă SIT formează un subgraf conex)	$N - 1 - n_{SIT} = 2$

2.2 Rezolvarea circuitului cu metoda cea mai eficientă

Observăm din tabelul 2 că vom obține cel mai mic număr de ecuații pentru metoda curenților de coarde, motiv pentru care, mai departe, vom lucra cu aceasta.

Marchez cu roșu arborele normal și generez bucla [1], buclă generată de coarda ce nu conține SIC.

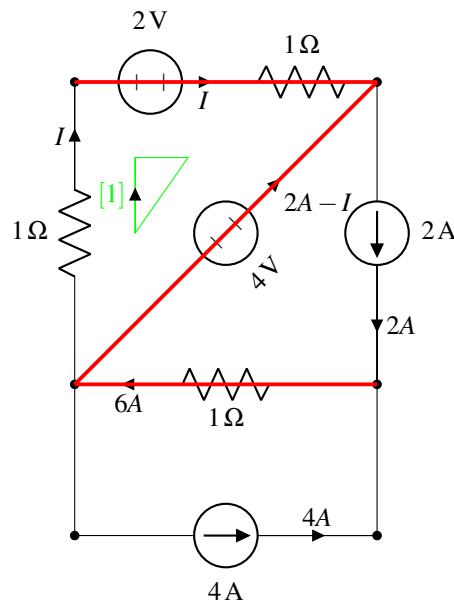


Figura 4: Circuit + arbore normal.

Scriem Kirchoff II pentru bucla independentă aleasă la pasul anterior:

$$[1] : 1 \cdot I + 1 \cdot I = 2 - 4, \quad (2)$$

din 2 reiese banal că:

$$2 \cdot I = -2 \Rightarrow I = -1 \text{ A}. \quad (3)$$

Acum putem completa grafurile de curenți și tensiuni (Fig. 5 și Fig. 6), și observăm că sunt identice cu grafurile generate în Fig. 2:

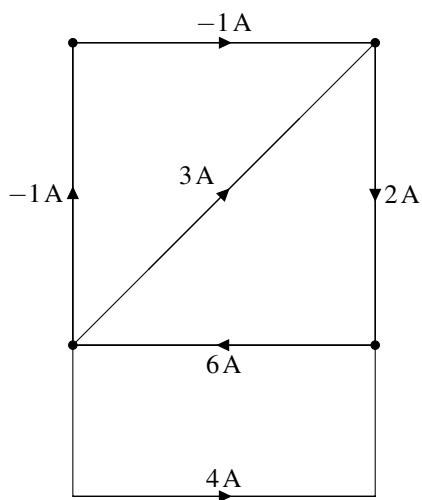


Figura 5: Graful de curenți.

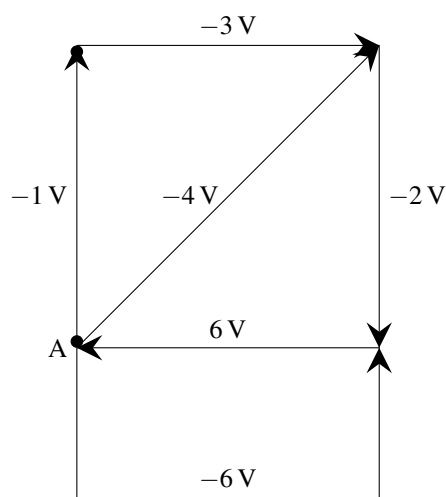


Figura 6: Graful de tensiuni.

3 Generatorul echivalent de tensiune

3.1 Echivalarea circuitului față de bornele A și B

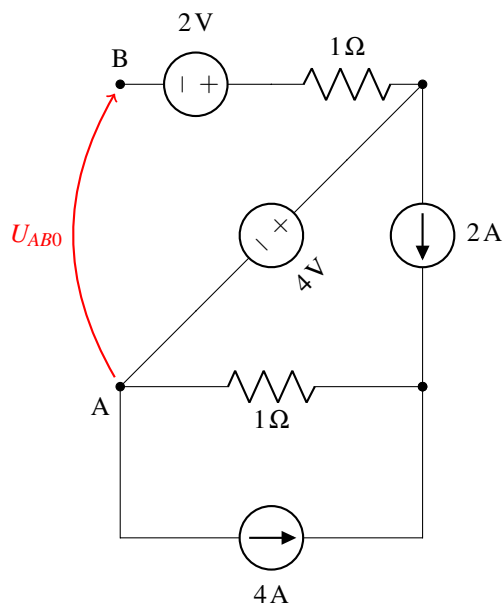


Figura 7: Circuitul activ, în gol.

Am ales rezistorul dintre punctele A și B drept rezistor de sarcină. Mai întâi desenăm circuitul în gol și marcăm sensul de referință al tensiunii de calculat (Fig. 7), completăm grafurile de curent (Fig. 8) și tensiune (Fig. 9), cu raționamente simple:

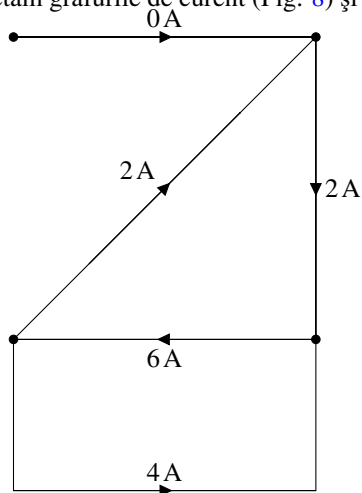


Figura 8: Graful de curenți al circuitului activ, în gol.

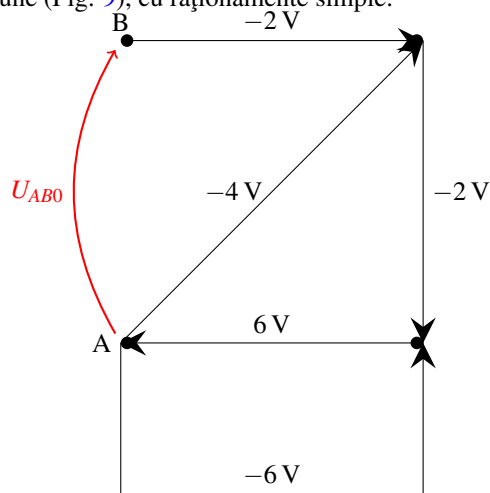


Figura 9: Graful de tensiuni al circuitului activ, în gol.

Reiese imediat din Fig.9 că:

$$U_{AB0} = -4 - (-2) = -2 \text{ V}, \quad (4)$$

Calculul rezistenței circuitului pasivizat și în gol; Desenăm acum schema circuitului pasivizat și în gol:

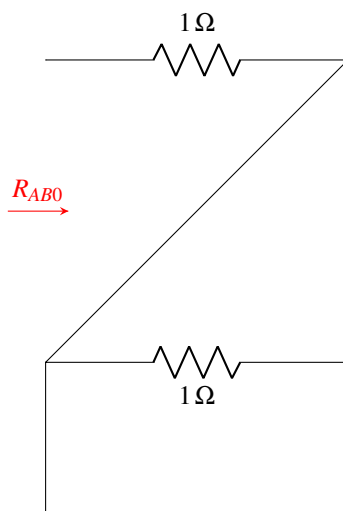


Figura 10: Circuitul pasiv, în gol.

Cum topologia circuitului este de tip serie-paralel, rezistența echivalentă se obține imediat:

$$R_{AB0} = 1 \Omega, \quad (5)$$

Conform formulei Thvenin rezultă:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB0}}{R_{AB0} + R_{AB}} = \frac{-2}{1 + 1} = -1 \text{ A}. \quad (6)$$

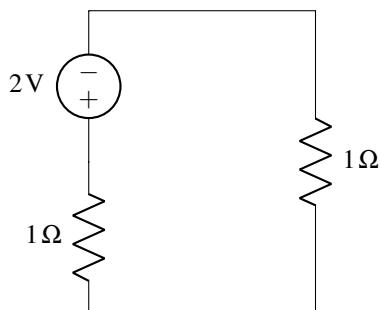


Figura 11: Schema generatorului echivalent.

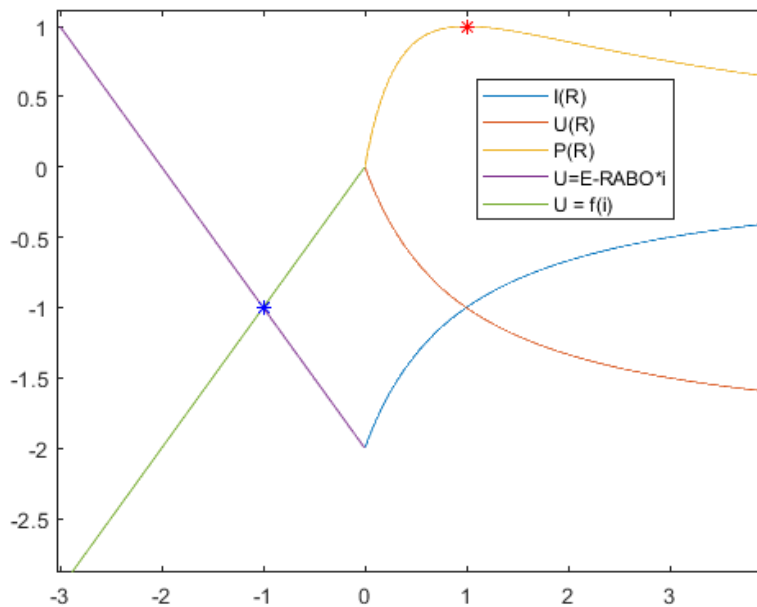


Figura 12: Reprezentarea graficelor.

Observăm în Fig. 12 marcat cu o stelută roșie punctul de coordonate (1, 1) (Ω , W), punct corespunzător totodată perechii de valori: rezistența inițială, valoarea puterii pentru rezistența inițială, cât și perechii de valori: rezistența pentru care puterea e maximă și implicit valoarea acesteia.

Ne așteptam să se întâmple acest lucru, după cum putem vedea și în Fig. 13, unde R_{AB} este egal cu rezistența inițială și R_{ab} cu rezistența pentru care puterea este maximă, pentru că știm că puterea este maximă atunci când rezistența de sarcină, R_{AB} este egală cu rezistența echivalentă a rețelei pasivizate (R_{AB0}).

```

Command Window
>> RAB = 1; RAB0=1; UAB0=-2;
>> [Pmax, Rab] = grafice(RAB, RAB0, UAB0)

Pmax =

    1.0000

Rab =

    1.0025

fx >>

```

Figura 13: Valori obținute pentru Pmax si rezistența asociată.

3.2 Punctul static de funcționare pentru rezistorul liniar și generatorul echivalent

Am reprezentat pe același grafic din Fig. 12 o stelută de culoare albastră, ce reprezintă punctul static de funcționare aflat la intersecția dreptei de sarcină (dreapta marcată cu mov) cu caracteristica liniară a tensiunii la bornele rezistorului R_{AB} (dreapta marcată cu verde), având coordonatele $(-1, -1)$ (Ω, W).

3.3 Punctul static de funcționare pentru dioda semiconductoră și generatorul echivalent

Am ales I_S de ordinul pA și V_T de ordinul mV. Ca metoda numerică, am lucrat cu metoda biseției pentru că este mai robustă și după cum reiese din graficele din Fig. 14 sau Fig. 16, aveam posibilitatea ca în urma aplicării metodei tangentei sau secantei să ajung pe o porțiune unde aveam derivată 0, iar ca urmare, algoritmul divergea. Vreau să mențin aceeași dreaptă de sarcină în cazul celor două grafice, unde dreapta de sarcină are formula:

$$i(u) = \frac{U_{ABO}}{R_{ABO}} - \frac{u}{R_{ABO}}, \quad (7)$$

Linile 14 atât din Fig. 15, cât și din Fig. 17, reprezintă valoarea oricărei din caracteristici (a diodei sau a generatorului echivalent) în punctul r. Vom avea 2 cazuri:

Cazul 1 (Polarizare directă):

$$i(u) = I_S(e^{\frac{u}{V_T}} - 1). \quad (8)$$

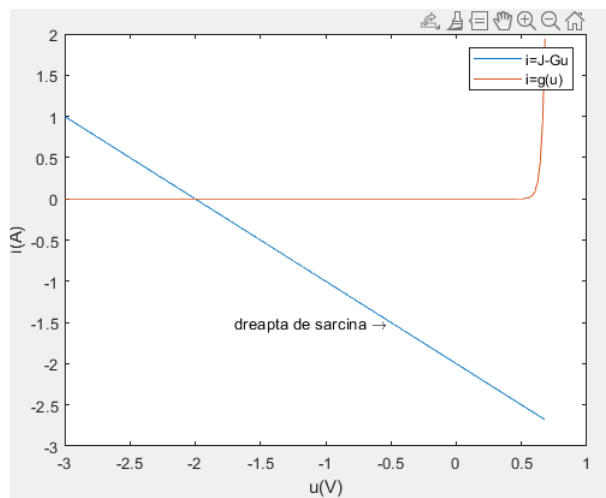


Figura 14: Dependența i funcție de u (polarizare directă).

Observăm că valoarea PSF se învârtă în jurul valorii de $(-2, 0)$ (V, A), deci avem grijă ca intervalul pentru codul metodei biseției, din Fig. 23 să contină pe -2 .

```
: 1 function [res] = f(x)
2     RAB0 = 1;
3     Is = 3 * 10^(-12);
4     VT = 0.025;
5     UAB0 = -2;
6     % res se obtine prin scaderea graficului
7     % diodei semiconductoare din graficul
8     % dreptei de sarcina
9     res = UAB0/RAB0 - x/RAB0 - Is*(e^(x/VT)-1);
10 endfunction
11
12 [r, err, steps] = bisection(@f, -4, 0, 1e-12, 100);
13 r
14 -2/1-r/1
15 steps

r = -2.0000
ans = -2.7285e-12
steps = 42
```

Figura 15: Valori obținute în urma rulării codului pentru cazul de polarizare directă.

Observăm din Fig. 15 că în urma rulării codului, obținem valorile la care ne așteptăm după numai 42 de pași.

Cazul 2 (Polarizare inversă):

$$i(u) = I_S(1 - e^{\frac{-u}{V_T}}). \quad (9)$$

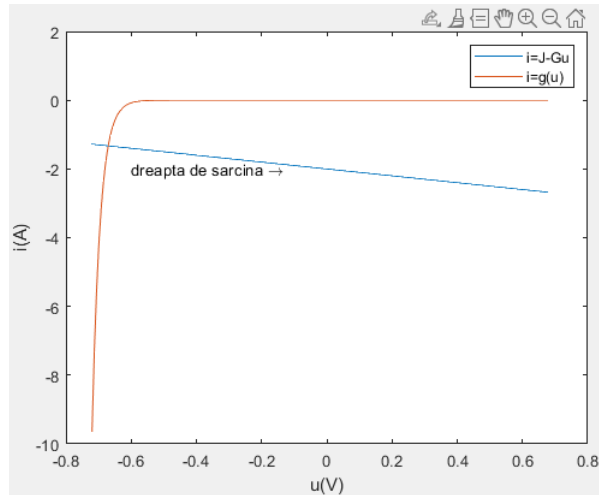


Figura 16: Depende i funcție de u (polarizare inversă).

Observăm că valoarea PSF se învârtă în jurul valorii de $(-0.7, -1)$ (V, A), deci avem grijă ca intervalul pentru codul metodei biseției, din Fig. 23 să conțină -0.7 .

```

1 function [res] = f(x)
2     RAB0 = 1;
3     Is = 3 * 10^(-12);
4     vT = 0.025;
5     UAB0 = -2;
6     % res se obtine prin scaderea graficului
7     % diodei semiconductoare din graficul
8     % dreptei de sarcina
9     res = UAB0/RAB0 - x/RAB0 - Is*(1 - e^(-x/vT));
10 endfunction
11
12 [r, err, steps] = bisection(@f, -4, 0, 1e-12, 100);
13 r
14 -2/1-r/1
15 steps

r = -0.67043
ans = -1.3296
steps = 42

```

Figura 17: Valori obținute în urma rulării codului pentru cazul de polarizare inversă.

Observăm din Fig. 17 că în urma rulării codului, obținem valorile la care ne așteptăm numai după 42 de pași.

4 Surse comandate

În cadrul acestei cerințe, am avut de generat două circuite diferite, având o SUCI, respectiv o SICU și de a le simula în LTSPICE. Atașez netlistul figurilor 19 și 21 în 22.

4.1 Transformare SIT în SUCI

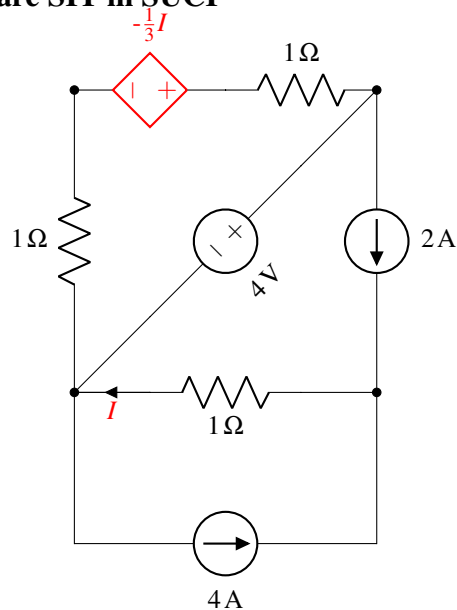


Figura 18: Circuit generat prin înlocuirea SIT cu SUCI.

Rezistența de transfer este egală cu $-\frac{1}{3}$, iar din Fig. 19, se observă echivalența cu grafurile de curenți și tensiuni, reprezentate în Fig. 5, respectiv Fig. 6

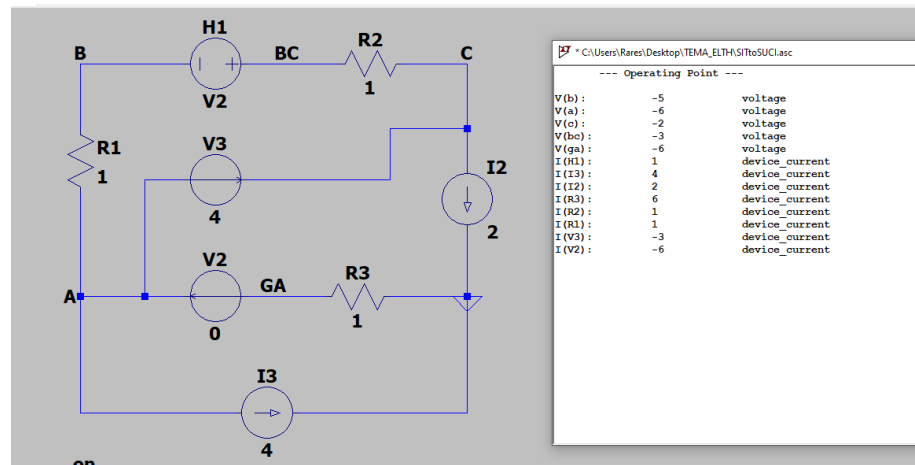


Figura 19: Reprezentarea circuitului din Fig. 18 în LTspice.

4.2 Transformare SIC în SICU

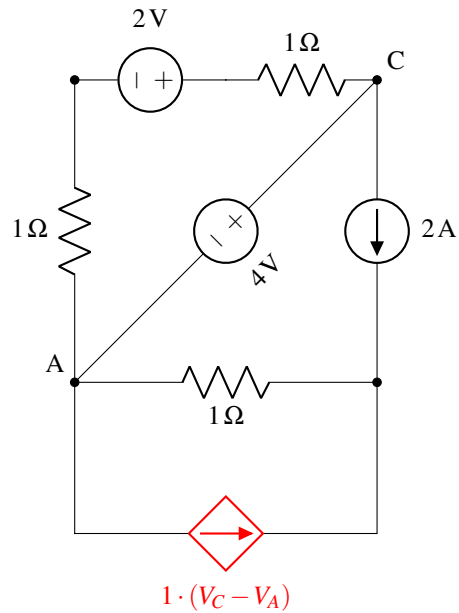


Figura 20: Circuit generat prin înlocuirea SIC cu SICU.

Conductanța de transfer este egală cu 1, iar din Fig. 21, se observă echivalența cu grafurile de curent și tensiune reprezentate în Fig. 5, respectiv Fig. 6.

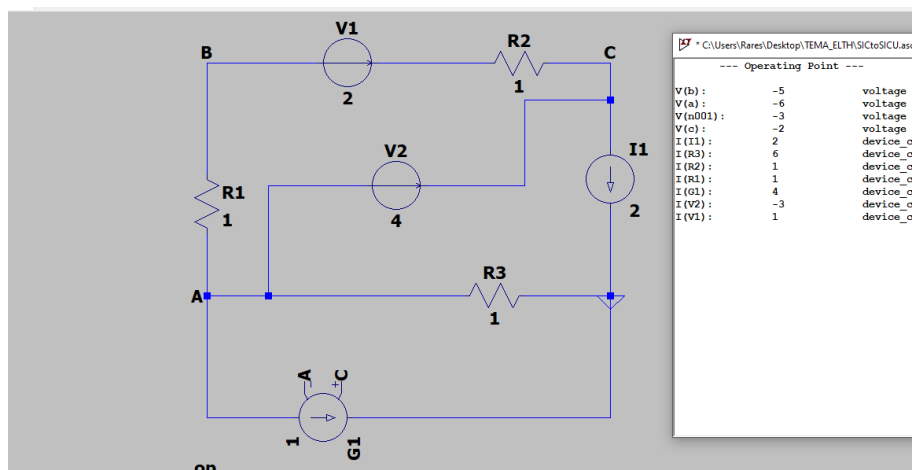


Figura 21: Reprezentarea circuitului din Fig. 20 în LTspice.

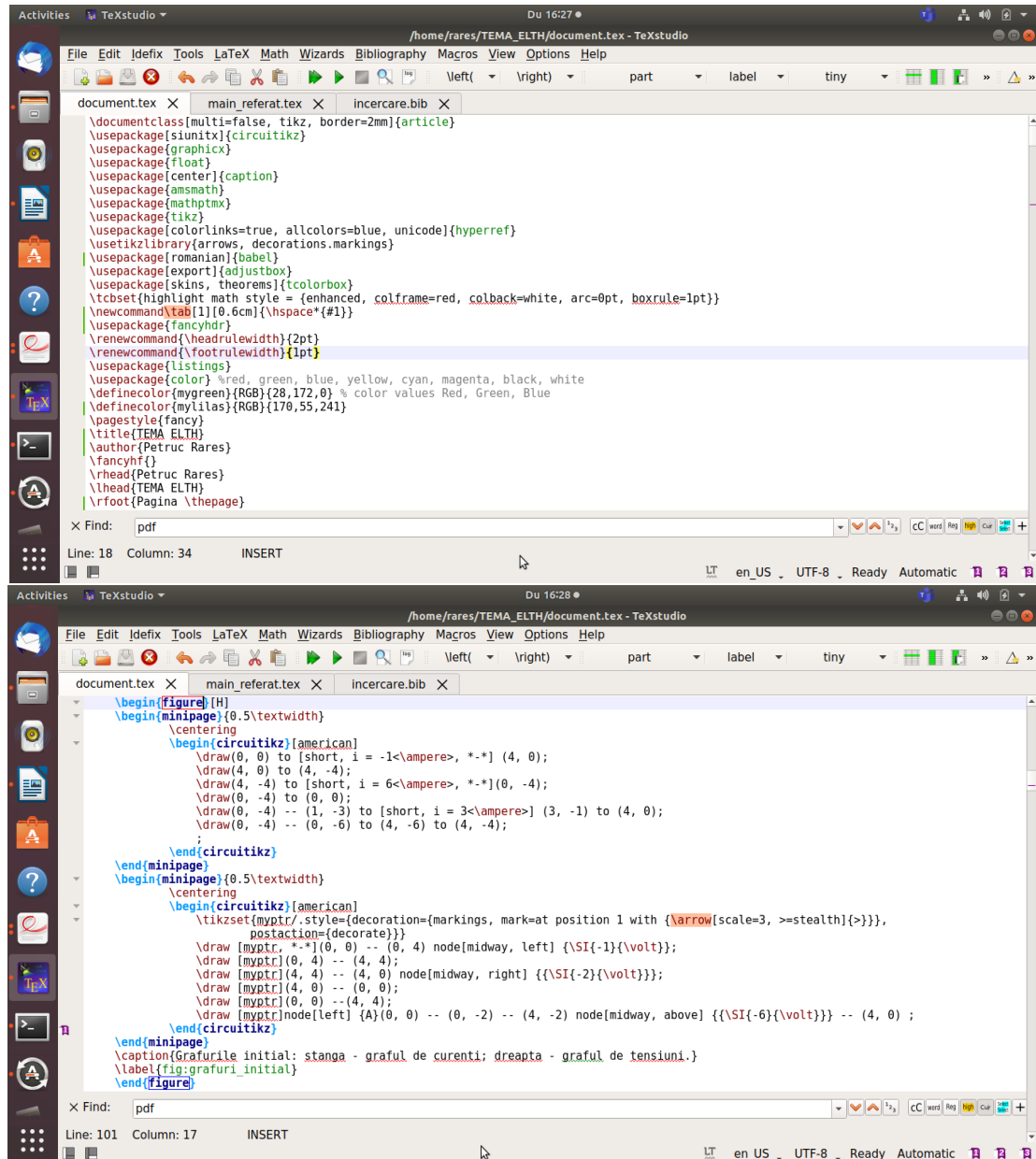
4.3 Netlists

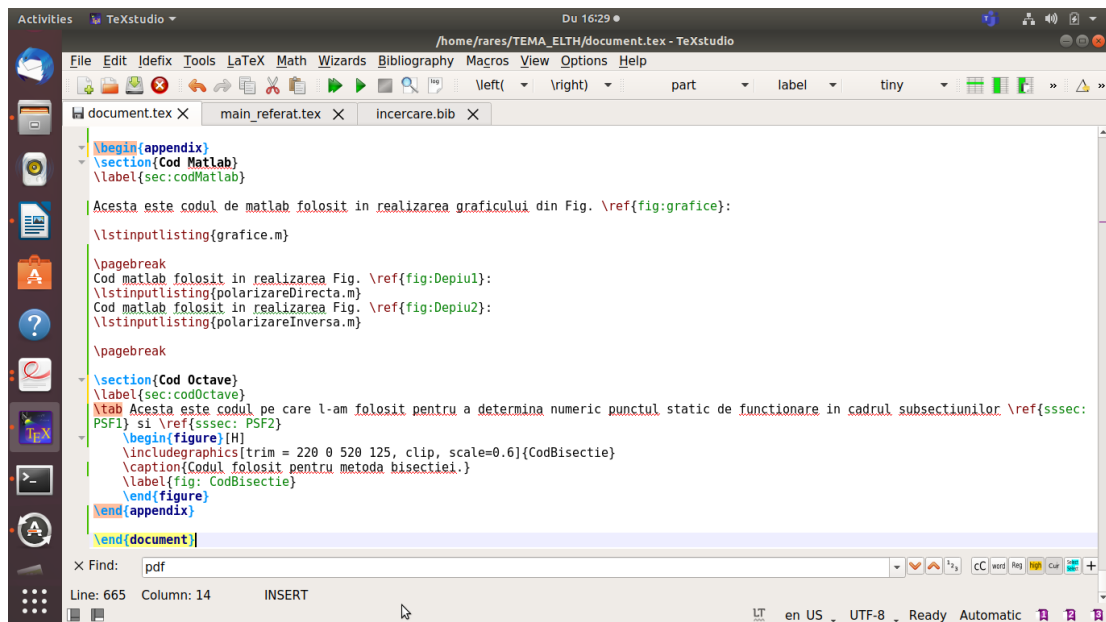
SPICE Netlist: C:\Users\Rares\Desktop\TEMA_ELTH\SITtoS	SPICE Netlist: C:\Users\Rares\Desktop\TEMA_ELTH\SICtoSICU.net
<pre>* C:\Users\Rares\Desktop\TEMA_ELTH\SITtoS R1 B A 1 R2 C BC 1 V2 A GA 0 R3 0 GA 1 I2 C 0 2 I3 A 0 4 V3 C A 4 H1 BC B V2 -0.33333334 .op .backanno .end</pre>	<pre>* C:\Users\Rares\Desktop\TEMA_ELTH\SICtoSICU.asc R1 B A 1 V1 N001 B 2 R2 C N001 1 V2 C A 4 R3 0 A 1 I1 C 0 2 G1 A 0 C A 1 .op .backanno .end</pre>

Figura 22: Netlisturile pentru simulările din Fig. 19 (în stânga) și din Fig. 21 (în dreapta).

5 Redactare Latex

În redactarea temei, am folosit \LaTeX . Aduug mai jos câteva capturi de ecran ale codului:





6 Concluzii

A fost o tema frumoasă, care ne-a trecut printr-o mică parte din materia studiată. Faptul că de această dată a trebuit ca noi să generăm un circuit și să facem tot ce s-a făcut la seminar pe circuitul nostru a fost foarte interesant. În opinia mea, redactarea în Latex este o idee foarte bună, întrucât se pot realiza lucruri foarte diferite față de alte preparatoare de documente, prin multitudinea pachetelor puse la dispoziția utilizatorului și personal, nu am întâmpinat probleme mari în redactarea documentului.

Bibliografie

- [1] Gabriela Ciuprina, Daniel Ioan, Mihai Popescu, Sorin Lup, Ruxandra Bărbulescu, Electrotehnica - Breviar de Seminar, Document actualizat la 23 aprilie 2020.
- [2] Template latex v4
- [3] <https://tex.stackexchange.com/questions/75116/what-can-i-use-to-typeset-matlab-code-in-my-document>
- [4] <https://tex.stackexchange.com/questions/122945/coloured-shadowed-boxes-around-equations/122952>
- [5] <https://tex.stackexchange.com/>
- [6] <https://www.overleaf.com/>

A Cod Matlab

Acesta este codul de matlab folosit în realizarea graficului din Fig. 12:

```
1 % functie ce primeste ca parametri rezistenta
2 % de sarcina , rezistenta retelei pasivizate si valoarea
3 % tensiunii de mers in gol
4 % si returneaza valoare puterii maxime
5 % si rezistenta pentru care se obtine aceasta valoare
6 function [P_max , Rab]=grafice (RAB, RAB0, UAB0)
7
8     % generam o gama de valori convenabile
9     % pentru rezistenta
10    R = linspace(0,4,400);
11
12    % scriem formula curentului
13    % functie de rezistenta
14    % si plotam graficul
15    I = UAB0./(R+RAB0);
16    plot(R, I);
17
18    % avem grija sa nu se stearga
19    % graficul la inserarea altuia
20    hold on
21
22    % scriem formula tensiunii la borne
23    % si plotam graficul
24    U = R./(R +RAB0)*(UAB0);
25    plot(R, U);
26
27    % scriem formula puterii absorbita de
28    % rezistor si plotam graficul
29    P = (R./((R+RAB0).^2))*(UAB0)^2;
30    plot(R, P);
31
32    % calculam P_max ce reiese din grafic
33    % si indexul corespunzator din gama
34    % de valori oferite corespunzatoare
35    % valorii rezistentei , pentru care puterea
36    % este maxima
37    [P_max , index] = max(P);
38
39    % rezistenta pentru care puterea e maxima
40    % (nu este cea exacta , intrucat gama de
41    % valori furnizata este relativ mica , insa
42    % se apropie de valoarea reala (1 ohm))
```

```
43     Rab = R(index);
44
45     % Stim ca  $U = E - i \cdot RAB0$ 
46
47     % in cazul meu tensiune electromotoare
48     % este egala cu tensiunea in gol trimisa
49     % ca parametru functiei
50     E = UAB0;
51
52     % dau un set de valori convenabile petru
53     % curent
54     i = [-3:1:0.1];
55
56     % reprezint grafic tensiunea functie de celelalte
57     % tensiuni din circuit prin aplicarea Kirch. II
58     u1 = UAB0 - i*RAB0;
59     plot(i, u1);
60
61     % reprezint grafic tensiunea la bornele rezistorului
62     u2 = i*RAB;
63     plot(i, u2);
64
65     % din calcul simplu reiese
66     % ca punctul de intersectie al graficelor u1 si u2
67     % este (-1, -1) pe care il si marcam in reprezentare
68     % cu o steluta albastra
69     plot(-1, -1, 'b*');
70
71     % calculam puterea pentru rezistenta initiala
72     % si marcam punctul corespunzator de pe grafic
73     % cu o steluta verde
74     Pi = (RAB/((RAB+RAB0)^2))*(UAB0)^2;
75     plot(RAB, Pi, 'g*');
76
77     % marcam punctul pentru care puterea este maxima
78     plot(Rab, P_max, 'r*');
79
80     % marcam legendele celor 5 grafice trasate
81     legend('I(R)', 'U(R)', 'P(R)', 'U=E-RAB0*i', 'U = f(i)');
82
83 end
```

Cod matlab folosit în realizarea Fig. 14:

```

1 function [] = polarizareDirecta(UAB0, RAB0, Is, Vt)
2
3     function [res]=f(u, UAB0, RAB0)
4         res = UAB0/RAB0 - u./RAB0;
5     end
6
7     function [res]=f2(u, Is, Vt)
8         res = Is*(exp(1).^(u/Vt)-1);
9     end
10
11     % u se masoara in Volti
12     % i se masoara in Amperi
13     u = linspace(-3, 0.68, 200);
14     plot(u, f(u, UAB0, RAB0));
15     hold on
16     plot(u, f2(u, Is, Vt));
17     xlabel('u(V)')
18     ylabel('i(A)')
19
20     txt = 'dreapta de sarcina \rightarrow';
21     text(-1.7, -1.5, txt, 'HorizontalAlignment', 'left')
22
23     legend('i=J-Gu', 'i=g(u)');
24
25 end

```

Cod matlab folosit în realizarea Fig. 16:

```

1 function [] = polarizareInversa(UAB0, RAB0, Is, Vt)
2
3     function [res]=f(u, UAB0, RAB0)
4         res = UAB0/RAB0 - u./RAB0;
5     end
6
7     function [res]=f2(u, Is, Vt)
8         res = Is*(1 - exp(1).^(-u/Vt));
9     end
10
11     % u se masoara in Volti
12     % i se masoara in Amperi
13     u = linspace(-0.72, 0.68, 200);
14     plot(u, f(u, UAB0, RAB0));
15     hold on
16     plot(u, f2(u, Is, Vt));
17     xlabel('u(V)')

```

```
18     ylabel('i(A)')
19
20     txt = 'dreapta de sarcina \rightarrow';
21     text(-1.7, -1.5, txt, 'HorizontalAlignment', 'left')
22
23     legend('i=J-Gu', 'i=g(u)');
24     txt = 'dreapta de sarcina \rightarrow';
25     text(-0.6, -2, txt, 'HorizontalAlignment', 'left')
26
27 end
```

B Cod Octave

Acesta este codul pe care l-am folosit pentru a determina numeric punctul static de funcționare în cadrul subsecțiunilor 3.2 și 3.3

```
1 function [r, err, steps] = bisection(f, a, b, tol, max_steps)
2
3     steps = 0;
4
5     while 1
6
7         r = (a + b)/2;
8
9         if feval(f, a) * feval(f, r) < 0
10
11             b = r;
12
13         else
14
15             a = r;
16
17         endif
18
19         err = b-a;
20
21         if ((++steps == max_steps) || (err < tol))
22
23             return;
24
25         endif
26
27     endwhile
28
29 endfunction
```

Figura 23: Codul folosit pentru metoda biseției.