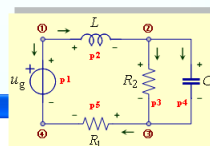


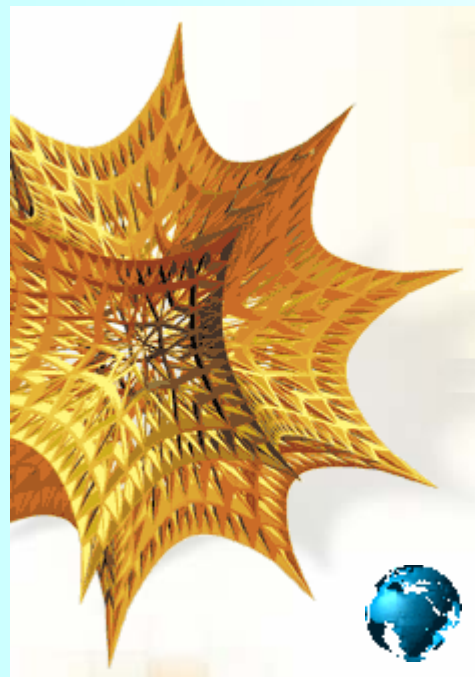
Теорија електричних кола



```
ugR1R2LC.nb
In[1]= $Version
Out[1]= 7.0 for Microsoft Windows (32-bit) (February 18, 2009)

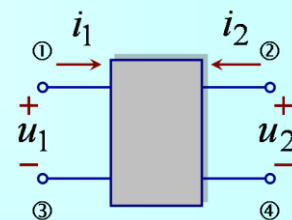
In[2]= resenje =
  DSolve[{{i1[t] + i2[t] == 0, -i2[t] + i3[t] + i4[t] == 0,
    -i3[t] - i4[t] + i5[t] == 0, -u1[t] + u2[t] + u3[t] + u5[t] == 0,
    -u3[t] + u4[t] == 0, u1[t] == 12, u2'[t] == 1/2 * i2[t], u3[t] == 20 * i3[t],
    i4'[t] == 1/1000 * u4[t], u5[t] == 10 * i5[t]},
    {i1[t], i2[t], i3[t], i4[t], i5[t], u1[t], u2[t], u3[t], u4[t],
    u5[t]}, t] // Flatten;

In[3]= {u3[t] /. resenje // Expand} /. {(*_?NumberQ)*I_ -> N[*]*I} // Simplify //
  TraditionalForm
Out[3]/TraditionalForm=
  e^{-7t/600} \left( (0.570024 c_2 - 15.2125 c_1) \sin\left(\frac{\sqrt{71} t}{600}\right) + (-8.11371 c_1 - 0.519208 c_2) \cos\left(\frac{\sqrt{71} t}{600}\right) \right)
```

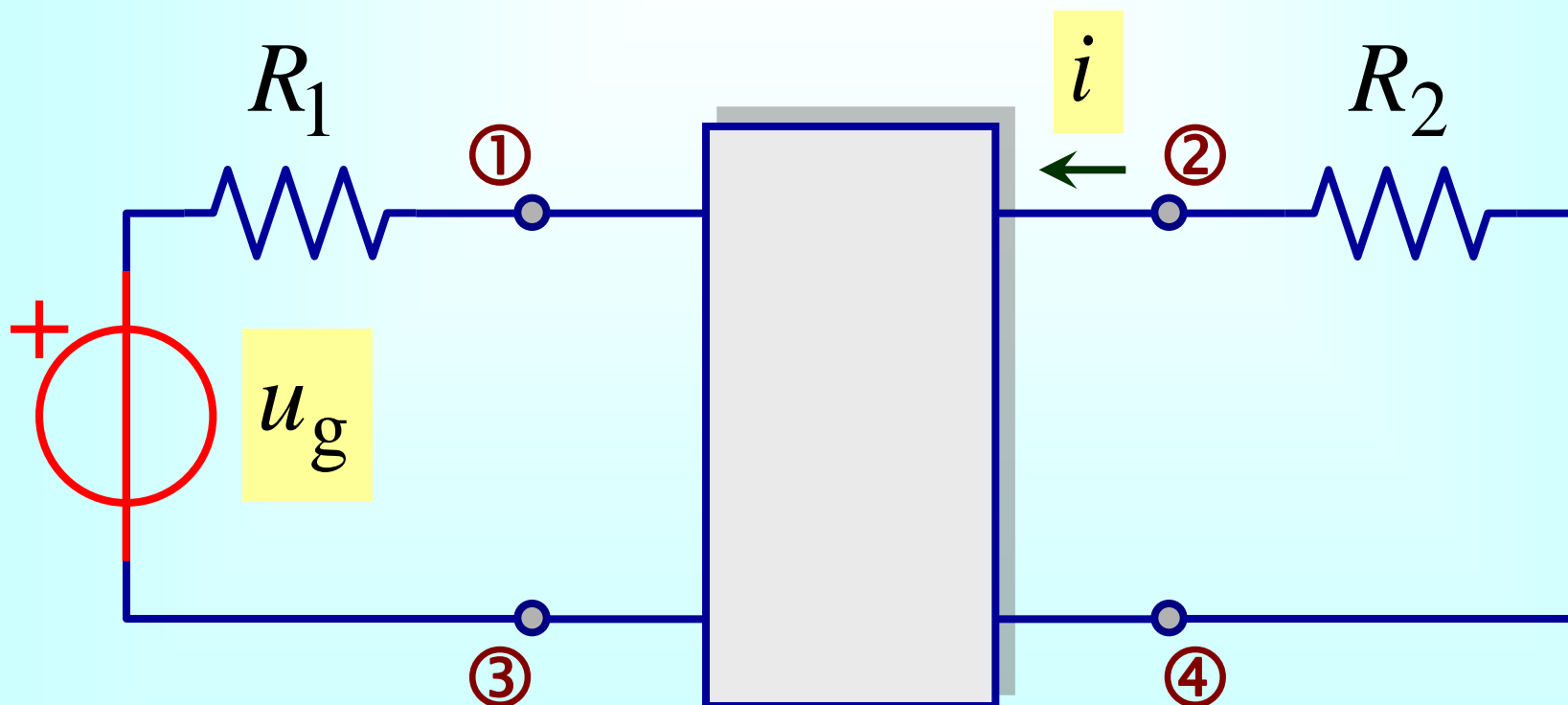


Четворополи

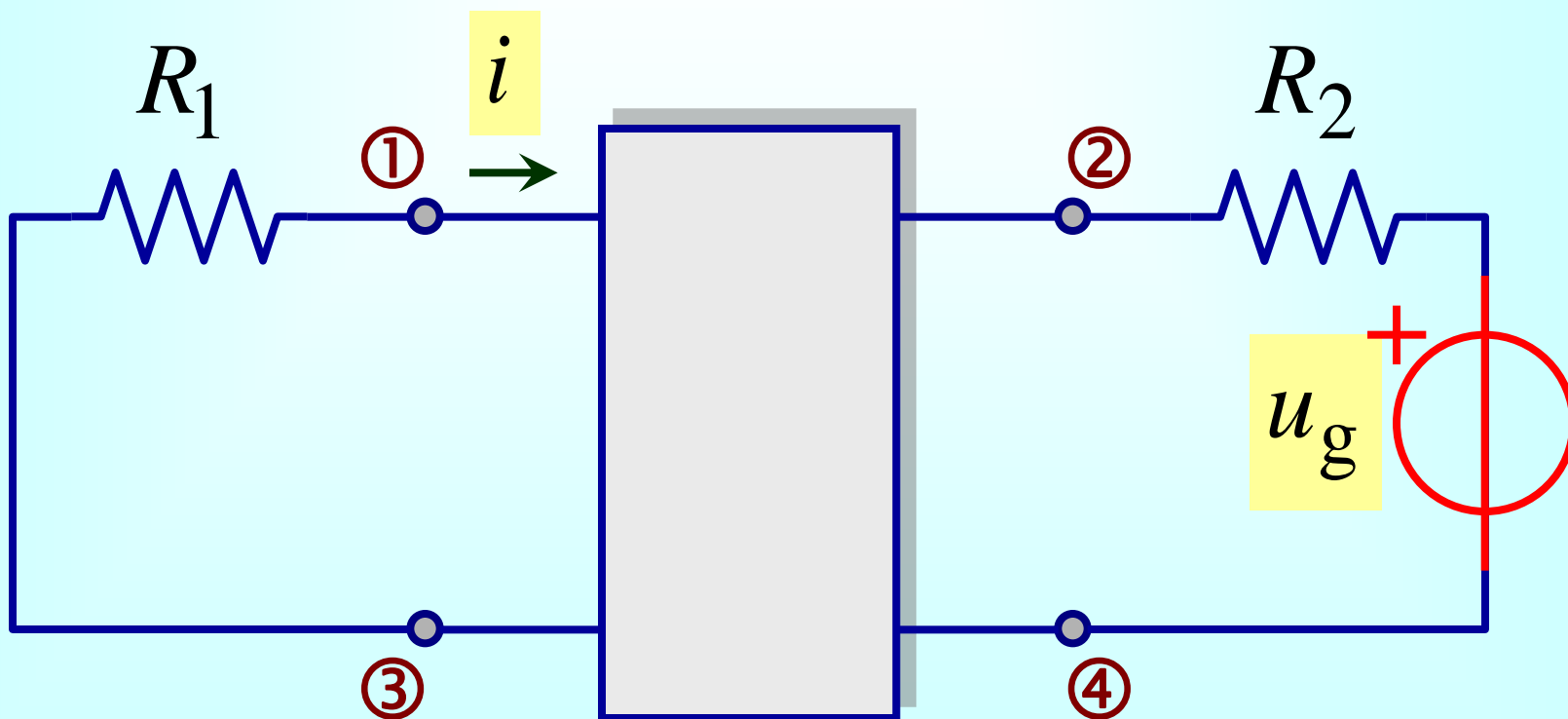
Једначине и примена



Став о реципрочности (1)



Став о реципрочности (2)



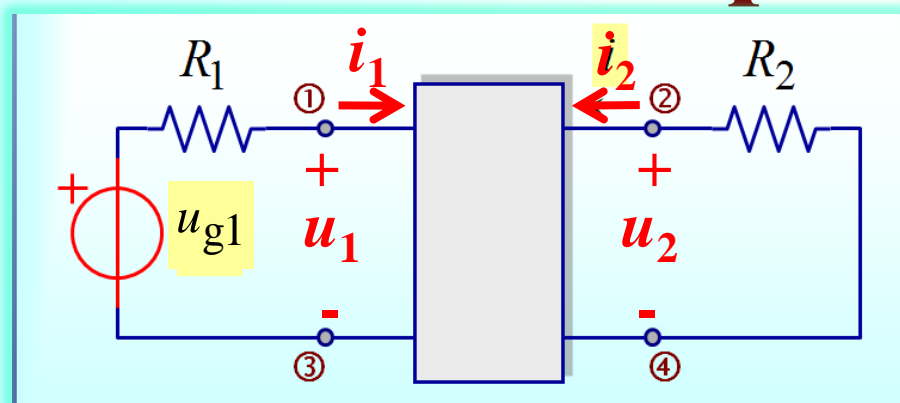
Реципрочна резистивна мрежа

- Посматрајмо линеарну резистивну мрежу са два приступа у којој нема независних извора
- Мрежа се сматра **реципрочном** ако важе везе напона и струја приступа као што је приказано на претходне две шеме
- Реципрочност значи узајамност приступа

Постоје и други искази реципрочности којима се нећемо бавити

Став о реципрочности (1)

r -параметри



$$u_1 = r_{11}i_1 + r_{12}i_2$$

$$u_1 = u_{g1} - R_1i_1$$

$$u_2 = r_{21}i_1 + r_{22}i_2$$

$$u_2 = -R_2i_2$$

r -параметри

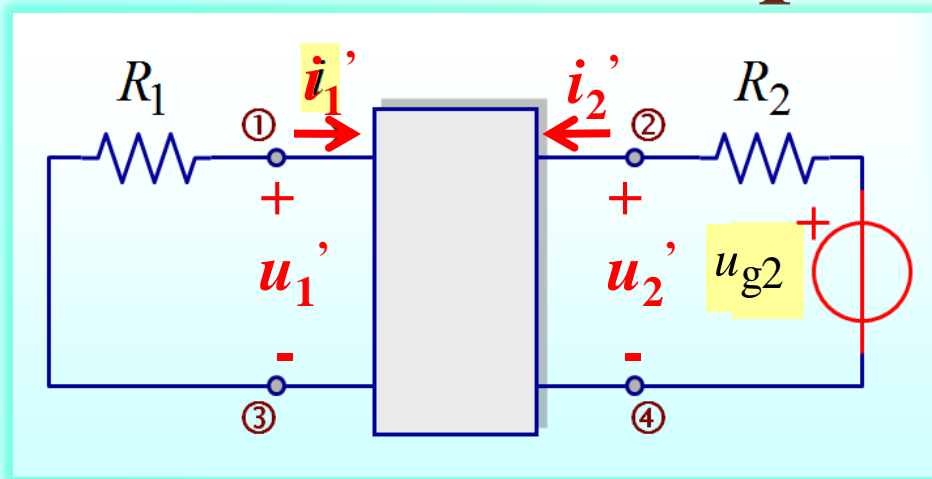
$$-R_2i_2 = r_{21}i_1 + r_{22}i_2 \Rightarrow i_1 = -\frac{(R_2 + r_{22})}{r_{21}}i_2$$

$$u_{g1} - R_1i_1 = r_{11}i_1 + r_{12}i_2 \Rightarrow u_{g1} = \frac{r_{12}r_{21} - (R_1 + r_{11})(R_2 + r_{22})}{r_{21}}i_2$$

$$i_2 = \frac{r_{21}}{r_{12}r_{21} - (R_1 + r_{11})(R_2 + r_{22})}u_{g1}$$

Став о реципрочности (2)

r -параметри



$$\begin{aligned} u_1' &= r_{11}i_1' + r_{12}i_2' \\ u_2' &= r_{21}i_1' + r_{22}i_2' \end{aligned}$$

r -параметри

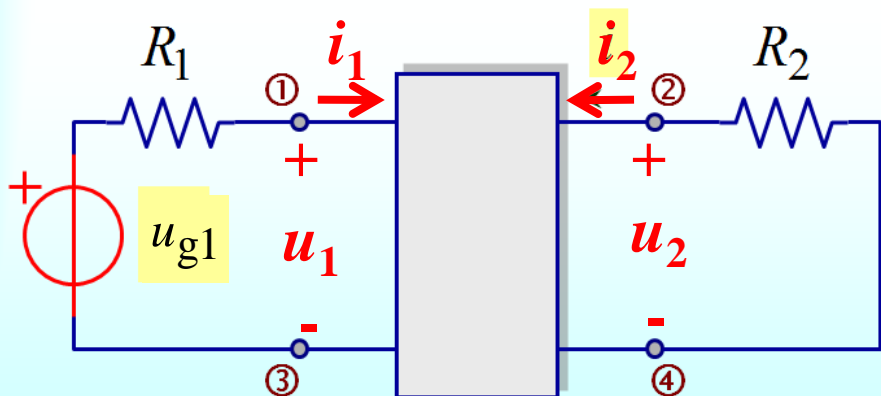
$$\begin{aligned} u_1' &= -R_1i_1' \\ u_2' &= u_{g2} - R_2i_2' \end{aligned}$$

$$-R_1i_1' = r_{11}i_1' + r_{12}i_2' \Rightarrow i_2' = -\frac{(r_{11} + R_1)}{r_{12}}i_1'$$

$$u_{g2} - R_2i_2' = r_{21}i_1' + r_{22}i_2' \Rightarrow u_{g2} = r_{21}i_1' + (r_{22} + R_2)i_2' = \left(r_{21} - (r_{22} + R_2)\frac{(r_{11} + R_1)}{r_{12}} \right) i_1'$$

$$i_1' = \frac{r_{12}}{r_{12}r_{21} - (R_1 + r_{11})(R_2 + r_{22})} u_{g2}$$

Реципрочност: r -параметри



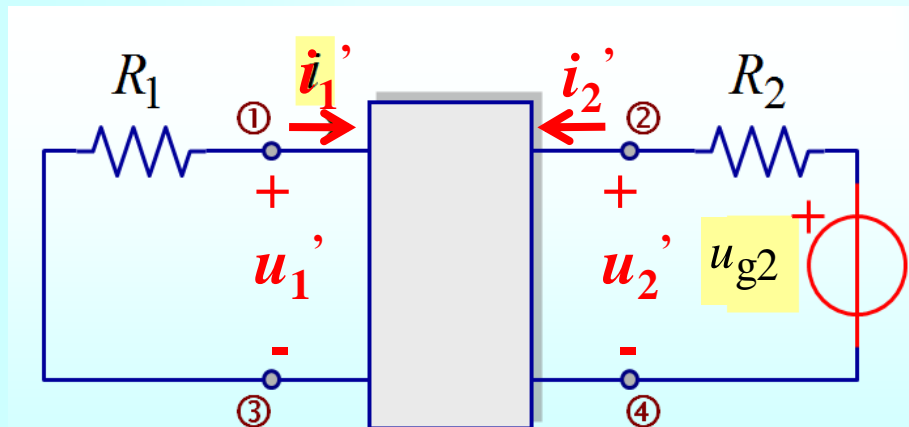
$$i_2 = \frac{r_{21}}{r_{12}r_{21} - (R_1 + r_{11})(R_2 + r_{22})} u_{g1}$$



$$r_{12} = r_{21}$$



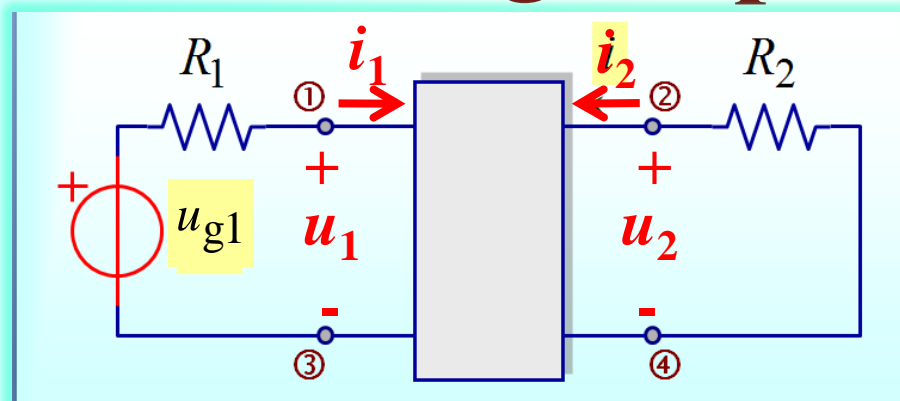
$$i_1' = \frac{r_{12}}{r_{12}r_{21} - (R_1 + r_{11})(R_2 + r_{22})} u_{g2}$$



Ако је мрежа реципрочна, а побуде једнаке $u_{g1} = u_{g2}$ и одзиви ће бити једнаки $i_2 = i_1'$!!

Став о реципрочности (1)

g-параметри



$$i_1 = g_{11}u_1 + g_{12}u_2$$

$$u_1 = u_{g1} - R_1 i_1$$

$$i_2 = g_{21}u_1 + g_{22}u_2$$

$$u_2 = -R_2 i_2$$

g-параметри

$$i_2 = g_{21}u_1 + g_{22}u_2 = g_{21}u_1 + g_{22}(-R_2 i_2) \Rightarrow u_1 = \frac{1 + R_2 g_{22}}{g_{21}} i_2$$

$$u_1 = u_{g1} - R_1 i_1 = u_{g1} - R_1 (g_{11}u_1 + g_{12}u_2) \Rightarrow$$

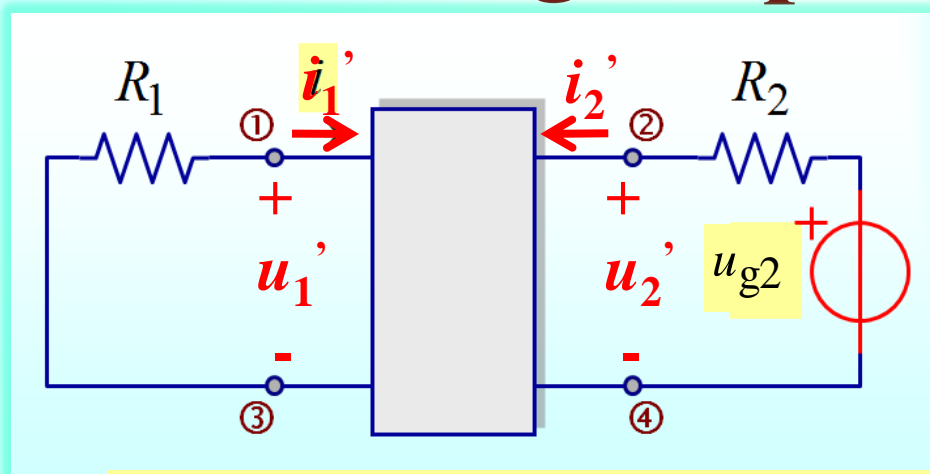
$$\Rightarrow u_{g1} = (1 + R_1 g_{11})u_1 + R_1 g_{12}u_2 = (1 + R_1 g_{11})u_1 + R_1 g_{12}(-R_2 i_2)$$

$$\Rightarrow u_{g1} = \frac{(1 + R_1 g_{11})(1 + R_2 g_{22})}{g_{21}} i_2 - R_1 R_2 g_{12} i_2$$

$$i_2 = \frac{g_{21}}{(1 + g_{11}R_1)(1 + g_{22}R_2) - R_1 R_2 g_{12}g_{21}} u_{g1}$$

Став о реципрочности (2)

g-параметри



$$i_1' = g_{11}u_1' + g_{12}u_2'$$

$$u_1' = -R_1i_1'$$

$$i_2' = g_{21}u_1' + g_{22}u_2'$$

$$u_2' = u_{g2} - R_2i_2'$$

g-параметри

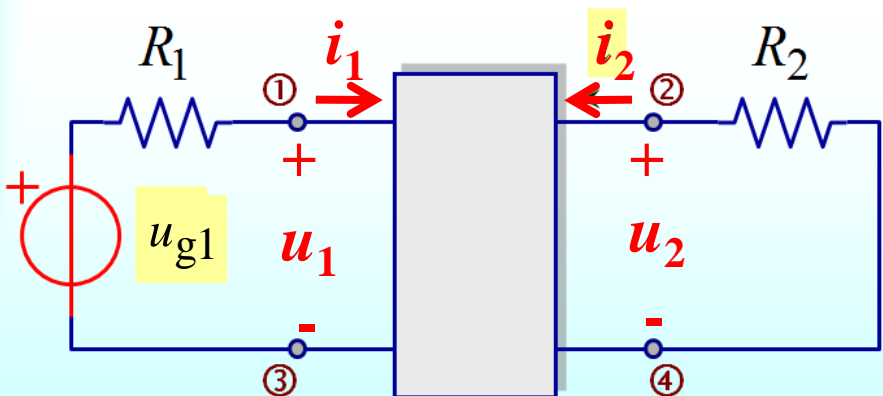
$$i_1' = g_{11}u_1' + g_{12}u_2' = g_{11}(-R_1i_1') + g_{12}u_2' \Rightarrow u_2' = \frac{1 + R_1g_{11}}{g_{12}}i_1'$$

$$\Rightarrow u_{g2} = u_2' + R_2i_2' = u_2' + R_2(g_{21}u_1' + g_{22}u_2') = (1 + R_2g_{22})u_2' + R_2g_{21}u_1'$$

$$\Rightarrow u_{g2} = \frac{(1 + R_2g_{22})(1 + R_1g_{11})}{g_{12}}i_1' + R_2g_{21}(-R_1i_1')$$

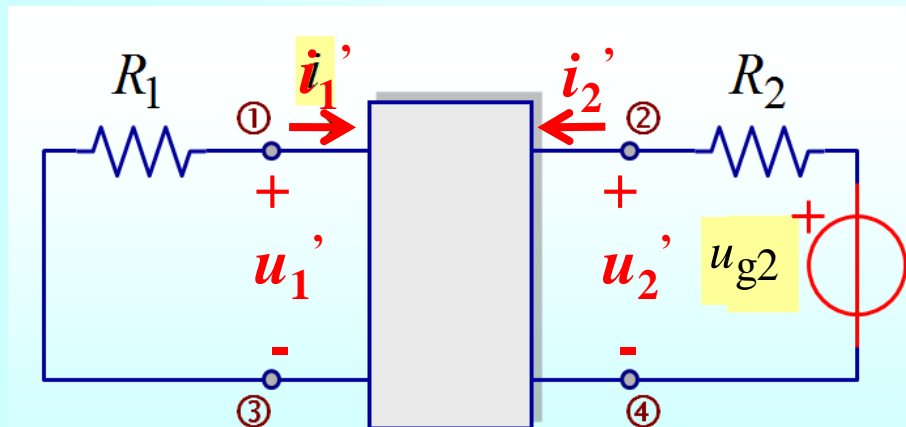
$$i_1' = \frac{g_{12}}{(1 + R_1g_{11})(1 + R_2g_{22}) - R_1R_2g_{12}g_{21}}u_{g2}$$

Реципрочност: g -параметри



$$i_2 = \frac{g_{21}}{(1 + g_{11}R_1)(1 + g_{22}R_2) - R_1R_2g_{12}g_{21}} u_{g1}$$

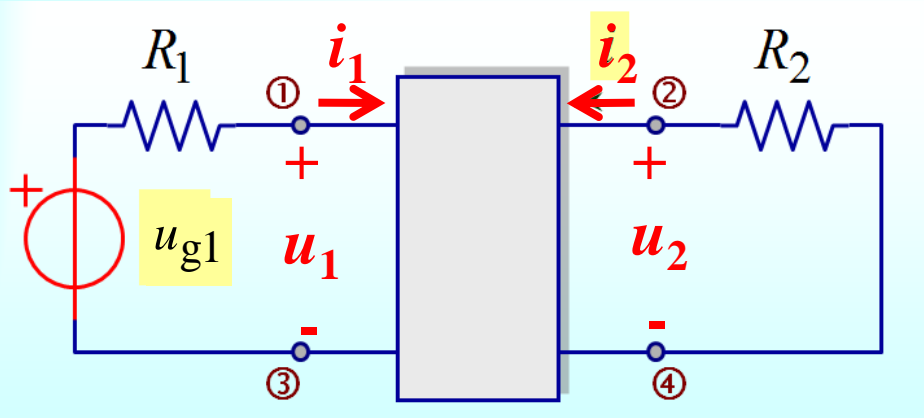
$$g_{12} = g_{21}$$



$$i_1' = \frac{g_{12}}{(1 + R_1g_{11})(1 + R_2g_{22}) - R_1R_2g_{12}g_{21}} u_{g2}$$

Ако је мрежа реципрочна, а побуде једнаке $u_{g1} = u_{g2}$ и одзиви ће бити једнаки $i_2 = i_1'$!!

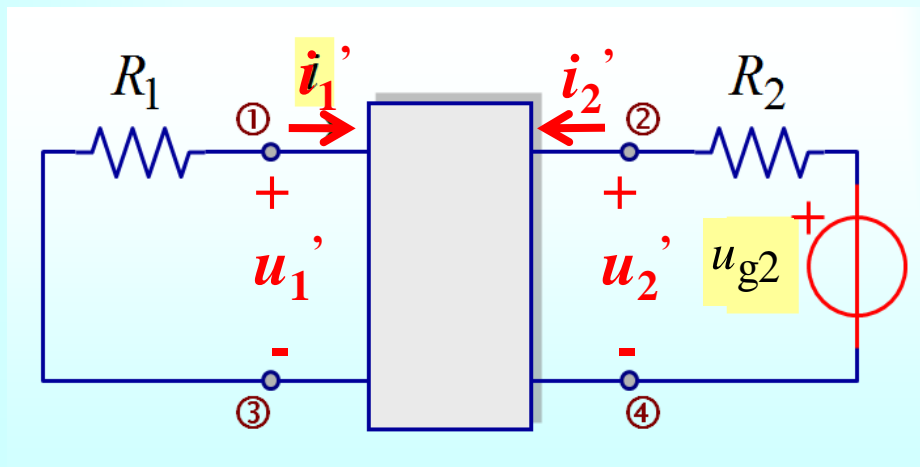
Реципрочност: g , h , a - параметри



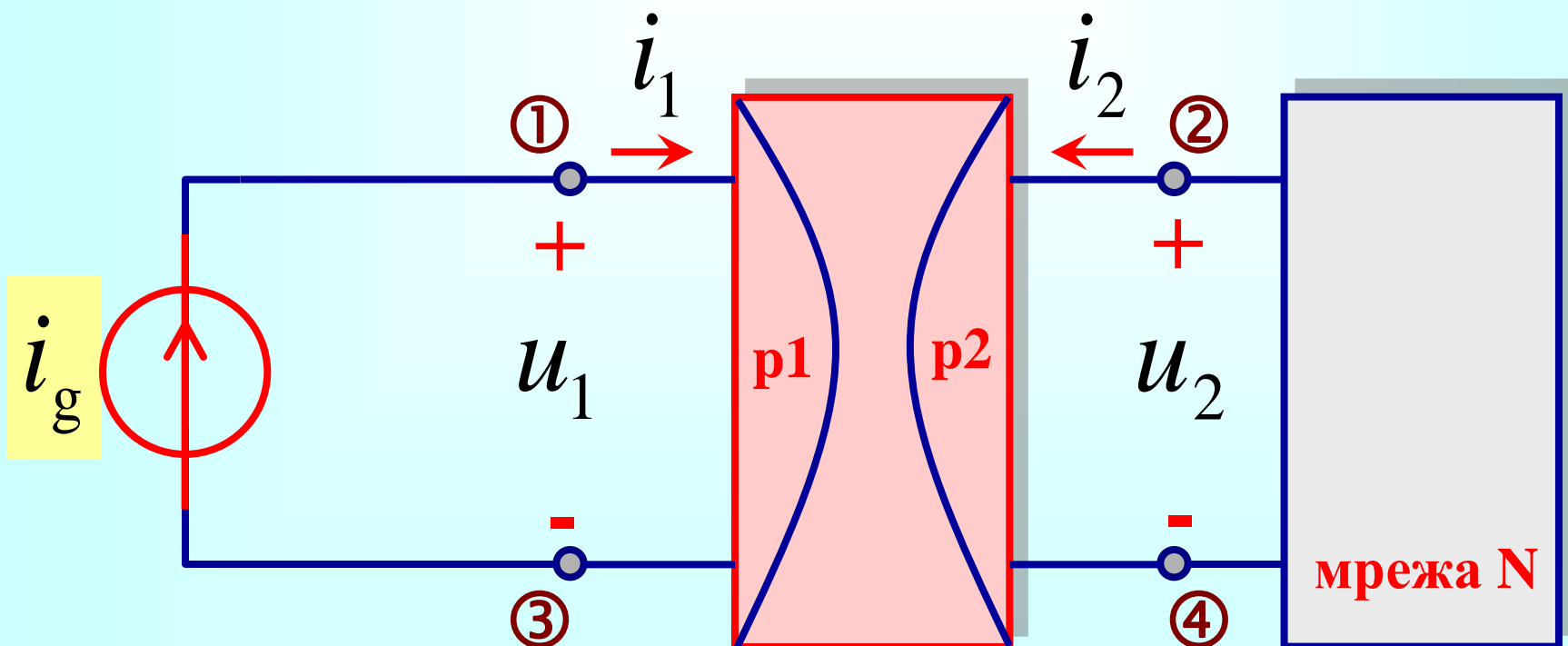
$$g \Rightarrow g_{12} = g_{21}$$

$$h \Rightarrow h_{12} = -h_{21}$$

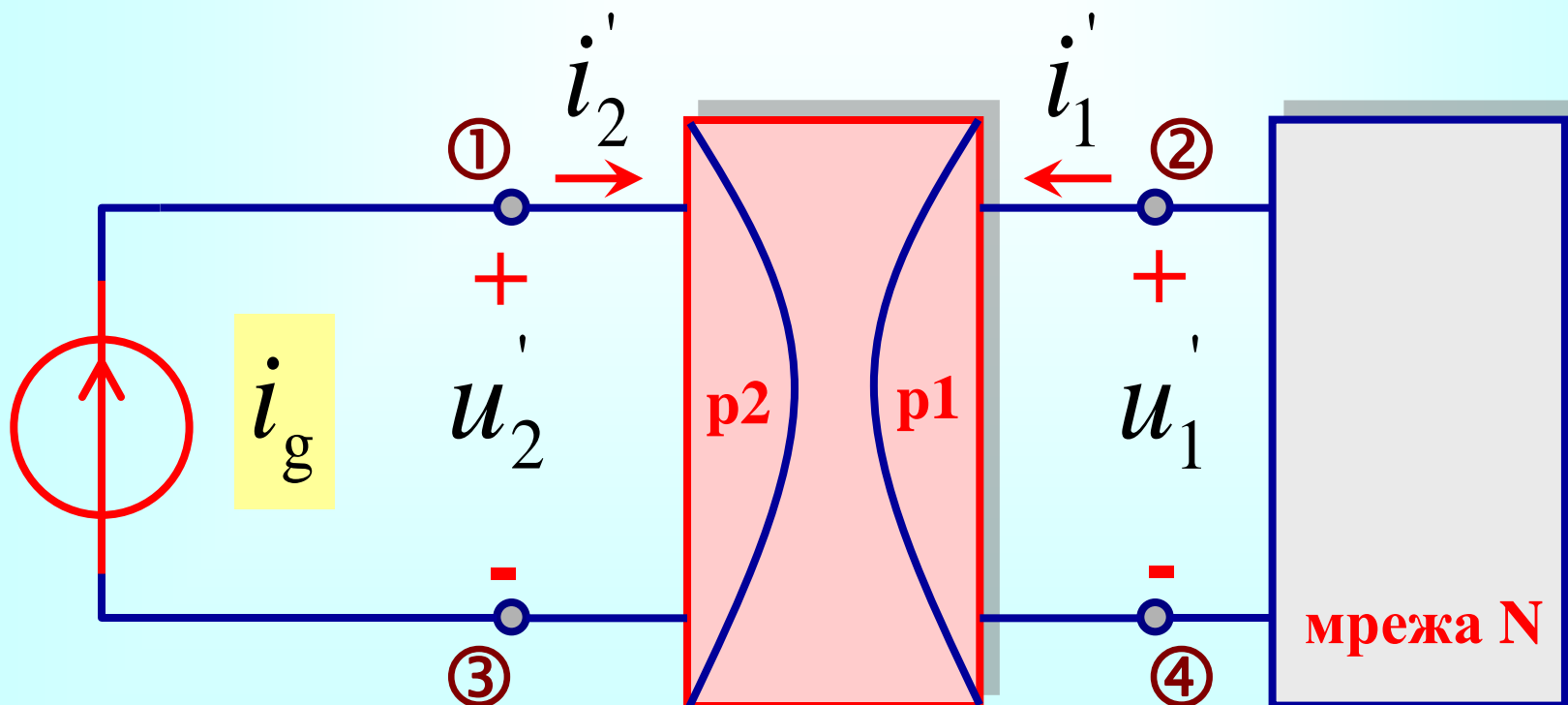
$$a \Rightarrow \det(a) = 1$$



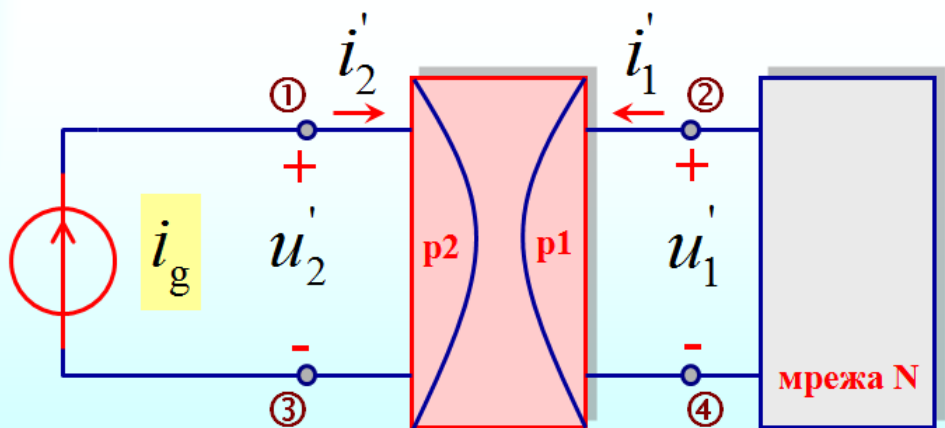
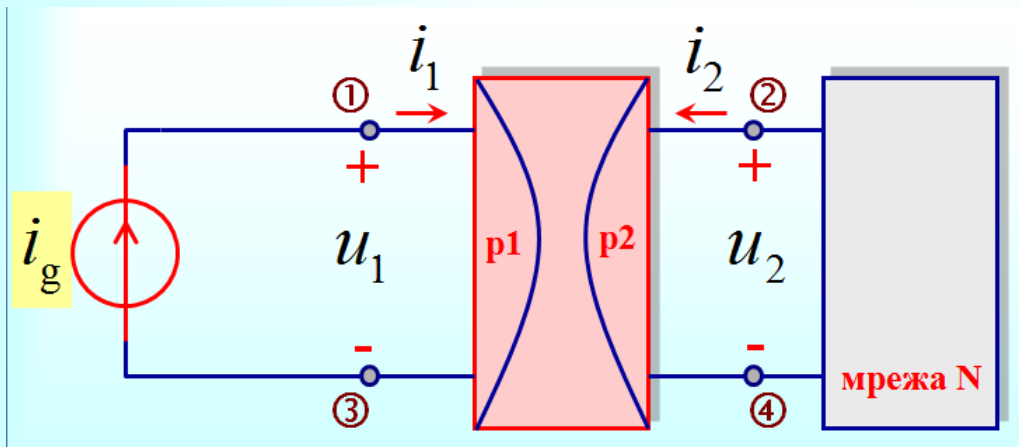
Став о симетричности (1)



Став о симетричности (2)



Испитивање симетричности



1) Реципрочност

2) Додатни услов

$$r \Rightarrow r_{11} = r_{22}$$

$$g \Rightarrow g_{11} = g_{22}$$

$$a \Rightarrow a_{11} = a_{22}$$

$$h \Rightarrow \det(h) = 1$$

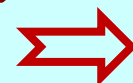
$$i_1 = i_2'$$

$$u_1 = u_2'$$

$$i_2 = i_1'$$

$$u_2 = u_1'$$

Ако је мрежа симетрична, расподела напона и струја приступа остаје непромењена без обзира на начин везивања мреже у коло.



Питања

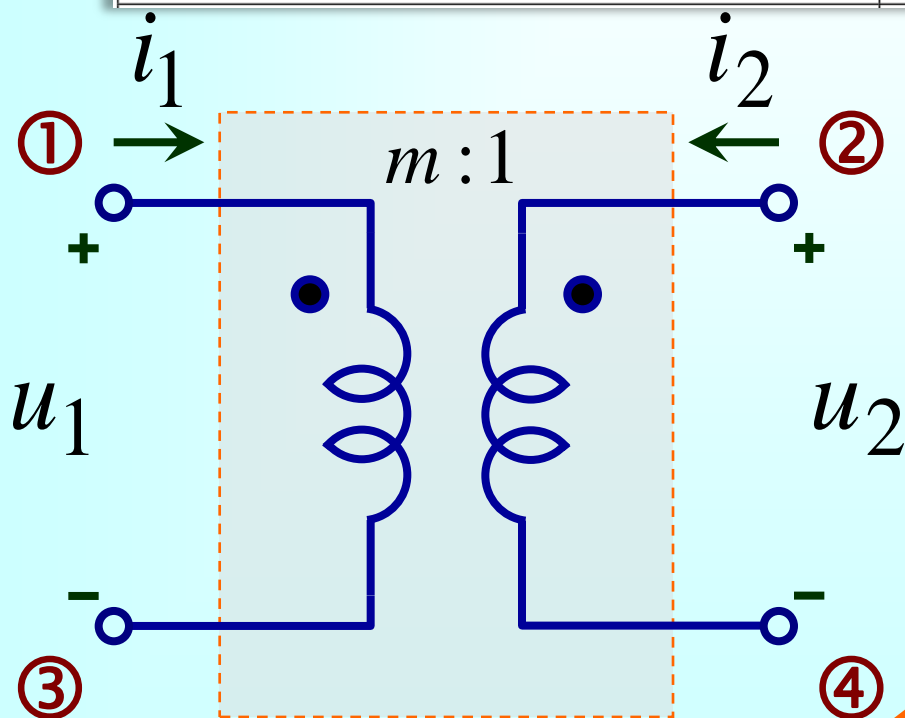
Једначине и шема ИТ

(6) Одредити a -параметре (погонске параметре, $ABCD$ -параметре, chain parameters, transmission parameters) идеалног трансформатора преносног броја m .

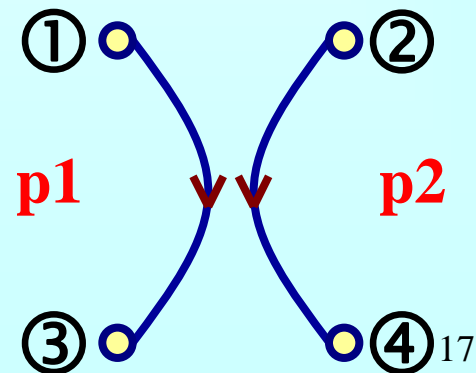
$$a_{11} = \quad , \quad a_{12} =$$

$$a_{21} = \quad , \quad a_{22} =$$

$$\begin{cases} a_{11} & a_{12} \\ u_1 = m u_2 + 0 \cdot (-i_2) \\ a_{21} & a_{22} \\ i_1 = 0 \cdot u_2 + \frac{1}{m} \cdot (-i_2) \end{cases}$$



$$\begin{cases} u_1 = m u_2 \\ i_1 = \frac{-1}{m} i_2 \end{cases}$$



Једначине важе за произвољне временске промене напона и струја

Улазна снага ИТ

- Улазна снага ИТ је идентички једнака нули у сваком тренутку времена

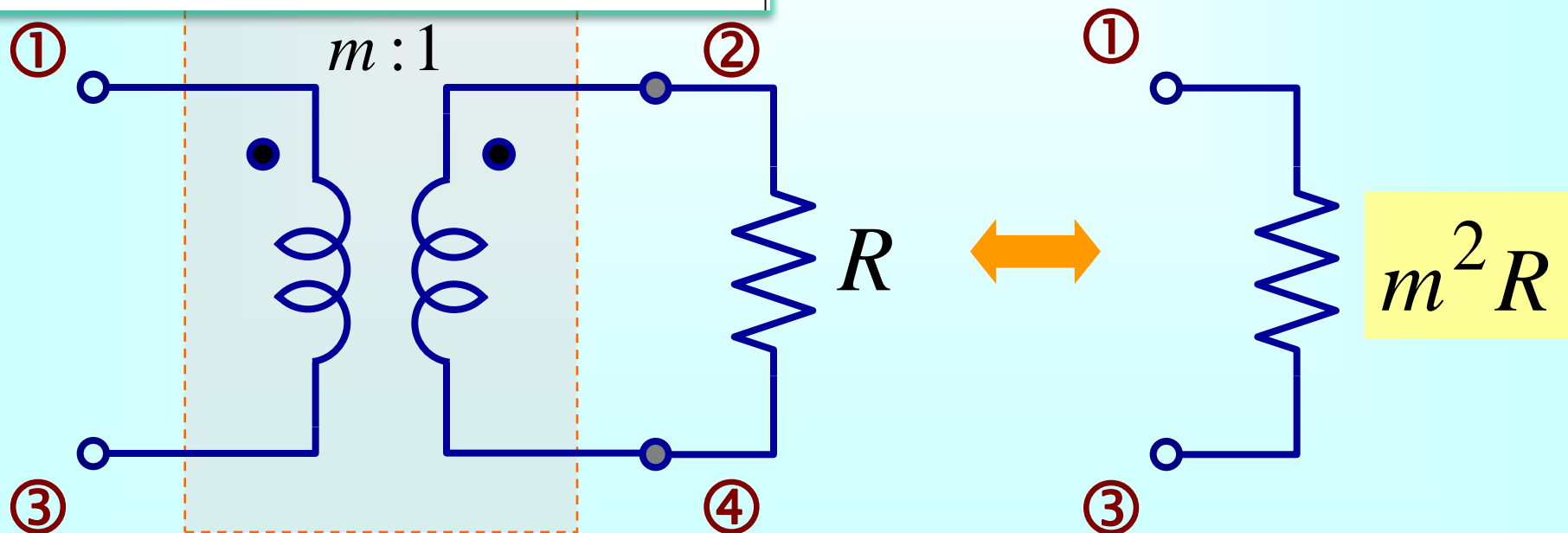
$$p = u_1 i_1 + u_2 i_2 = 0$$

(3) Идеалан трансформатор је

- (а) динамички елемент,
- (б) елемент са губицима,
- (в) елемент без губитака,
- (г) активан елемент ?

Својство претварања (конверзије) отпорности ИТ

(5) Исказати и доказати својство претварања (конверзије) отпорности идеалног трансформатора. Нацртати потребну шему са ознакама и смеровима и написати одговарајуће једначине.



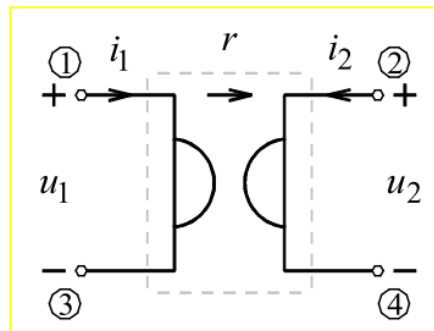
Идеалан трансформатор чији је секундар затворен отпорником се понаша, гледано са стране примара, као отпорник чија је отпорност сразмерна квадрату преносног броја

Жиратор

(6) Једначине жиратора (карактеристике елемента, конститутивне једначине, дефиниционе једначине) су

$$\begin{cases} u_1 = -r i_2 \\ u_2 = r i_1 \end{cases}$$

Да ли је жиратор реципрочан елемент?



(a) Да

(б) Не

$$\begin{cases} u_1 = 0 \cdot i_1 + -r \cdot i_2 \\ u_2 = r \cdot i_1 + 0 \cdot i_2 \end{cases}$$

$$r_{12} = r_{21} \quad \perp$$

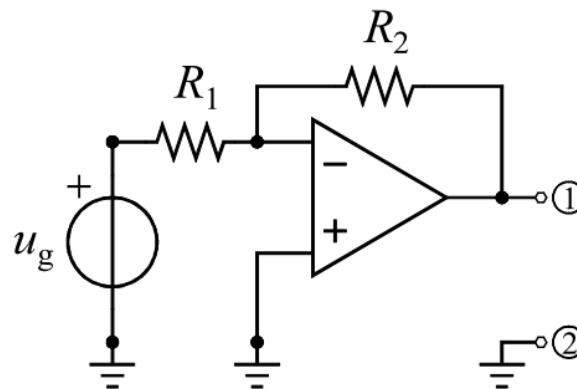
није реципрочна мрежа

Тевененов генератор

(6) Одредити Тевененов генератор електричне мреже са једним приступом чији су прикључци ① и ②.

$$u_{gT} = -\frac{R_2}{R_1} u_g$$

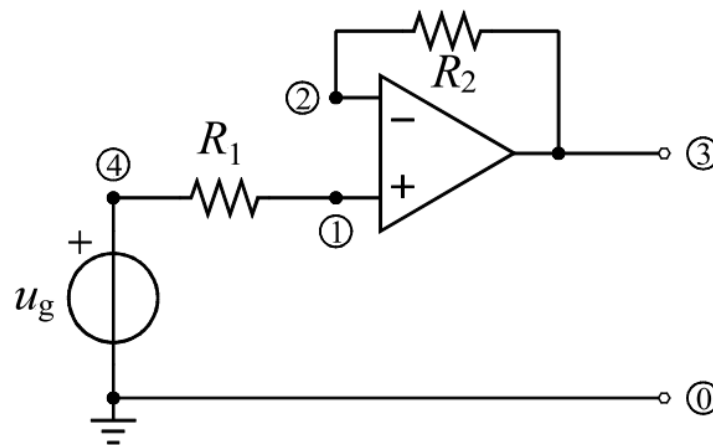
$$R_T = 0$$



(5) Који су параметри Тевененовог генератора мреже са слике између крајева ③ и ④ (Voltage Follower)?

$$u_{gT} = u_g$$

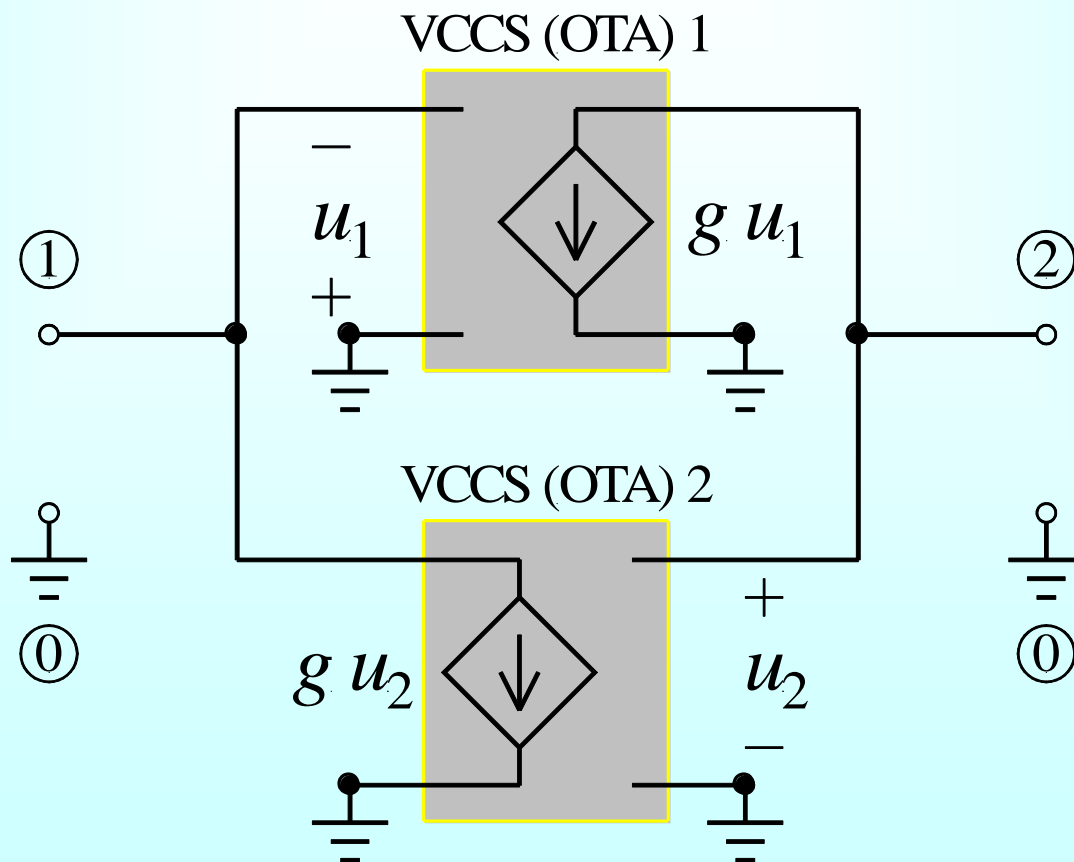
$$R_T = 0$$



Задаци

ОТА жиратор, Сабирач,
Инструментациони појачавач,
Тевененов генератор...

ОТА жиратор

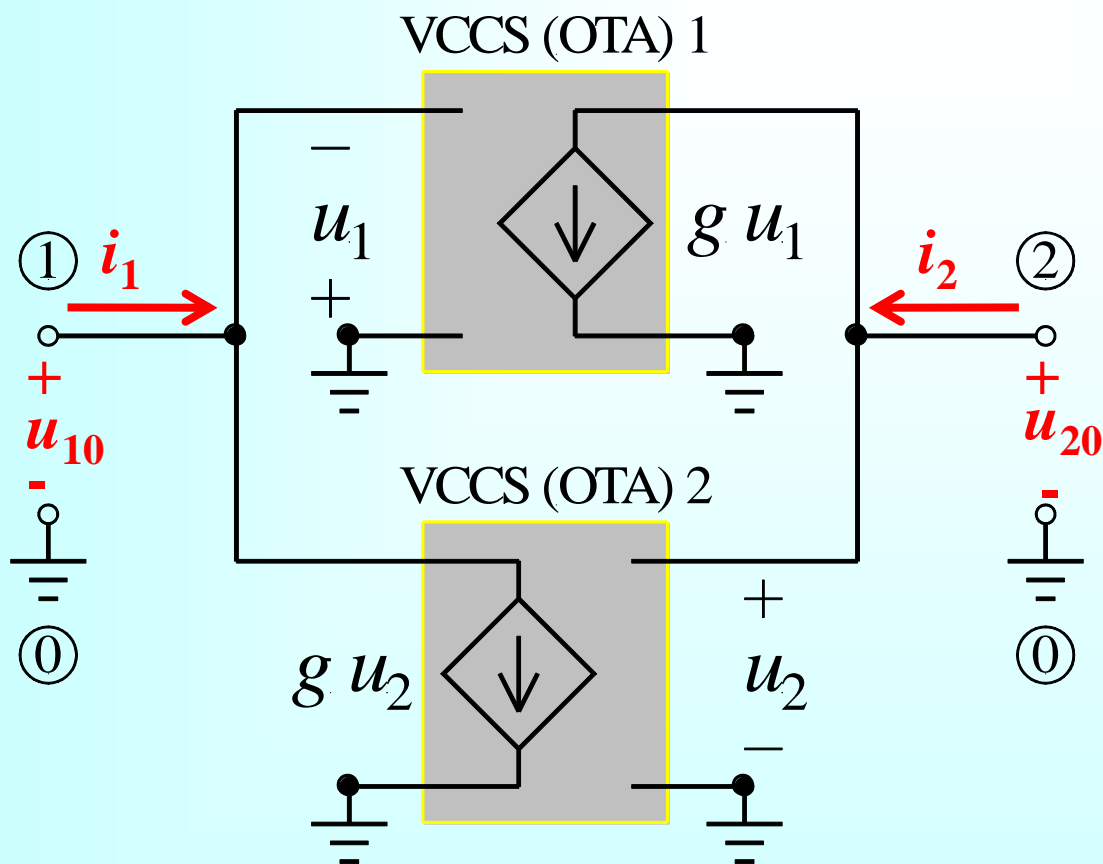


ОТА жиратор

Вредности елемената (параметри) мреже са слике су познати. Мрежа има два приступа (порта): први приступ чине крајеви ① и ②, а други приступ чине крајеви ③ и ④.

- (а) Одредити отпорничке параметре (r -параметре) мреже.
- (б) Испитати да ли је мрежа реципрочна.
- (в) Испитати да ли је мрежа пасивна.

ОТА жиратор



$$u_{10} = r_{11}i_1 + r_{12}i_2$$

$$u_{20} = r_{21}i_1 + r_{22}i_2$$

***r*-параметри**

$$r_{12} = r_{21} \perp$$

није реципрочна мрежа

$$i_2 = gu_1 = g(-u_{10}) \Rightarrow u_{10} = \underbrace{0}_{r_{11}} \cdot i_1 + \underbrace{\left(-\frac{1}{g}\right)}_{r_{12}} \cdot i_2$$

$$i_1 = gu_2 = gu_{20} \Rightarrow u_{20} = \underbrace{\frac{1}{g}}_{r_{21}} \cdot i_1 + \underbrace{0}_{r_{22}} \cdot i_2$$

ОТА жиратор

$$u_{10} = \underbrace{0}_{r_{11}} \cdot i_1 + \underbrace{\left(-\frac{1}{g}\right)}_{r_{12}} \cdot i_2$$

$$u_{20} = \underbrace{\frac{1}{g}}_{r_{21}} \cdot i_1 + \underbrace{0}_{r_{22}} \cdot i_2$$

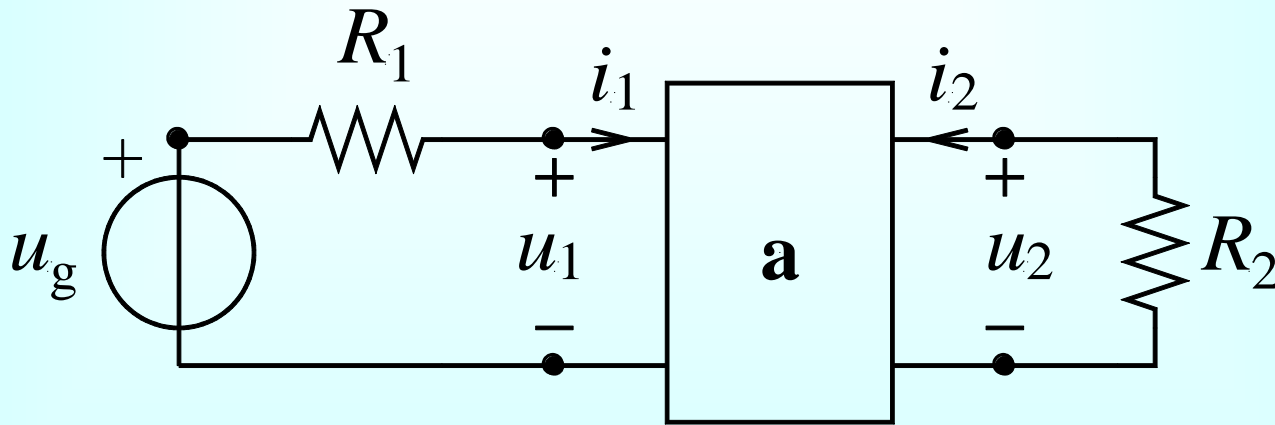
$$p = u_{10}i_1 + u_{20}i_2 \quad p \geq 0 \quad ?$$

$$p = u_{10}i_1 + u_{20}i_2 = (r_{11}i_1 + r_{12}i_2)i_1 + (r_{21}i_1 + r_{22}i_2)i_2$$

$$p = r_{12}i_2i_1 + r_{21}i_1i_2 = (r_{12} + r_{21})i_1i_2 = 0$$

пасивна мрежа

Мрежа описана α -параметрима



Мрежа описана a -параметрима

Отпорности отпорника и a -параметри ($ABCD$ -параметри, погонски параметри) мреже са два приступа, електричног кола са слике, су познати.

Одредити:

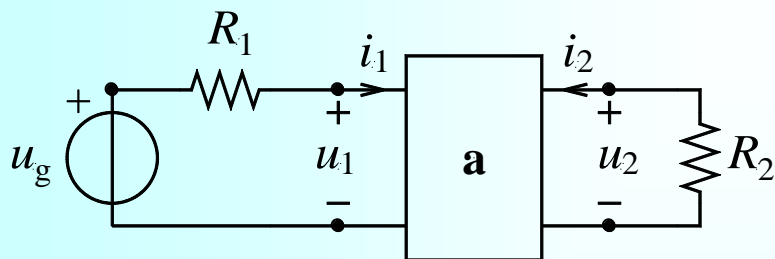
(а) количник напона $A = u_2 / u_g$

(б) улазну отпорност мреже $R_u = u_1 / i_1$, и

(в) струју i_1 .

Сматрати да су a -параметри мреже реални и различити од нуле.

Мрежа описана α -параметрима



$$u_g = R_1 i_1 + u_1$$

$$u_2 = -R_2 i_2$$

$$u_1 = a_{11} u_2 + a_{12} (-i_2)$$

$$i_1 = a_{21} u_2 + a_{22} (-i_2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 \rightarrow \frac{(a_{22} + a_{21} R_2) u_g}{a_{12} + a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2}, \quad i_2 \rightarrow -\frac{u_g}{a_{12} + a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2}, \\ u_1 \rightarrow \frac{(a_{12} + a_{11} R_2) u_g}{a_{12} + a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2}, \quad u_2 \rightarrow \frac{R_2 u_g}{a_{12} + a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2} \end{array} \right\}$$

$$A = u_2 / u_g$$

$$R_u = u_1 / i_1$$

$$i_1$$

$$A = \frac{R_2}{a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2 + a_{12}}$$

$$R_u = \frac{a_{11} R_2 + a_{12}}{a_{21} R_2 + a_{22}}$$

$$i_1 = \frac{(a_{21} R_2 + a_{22}) u_g}{a_{22} R_1 + a_{11} R_2 + a_{21} R_1 R_2 + a_{12}}$$

Инструментациони појачавач

Задатак (1)

Инструментациони појачавач има познате вредности елемената $u_{g1} = U \vartheta(t)$, $U > 0$,

$u_{g2} = U \vartheta(t - T)$, $T > 0$, R_8 ,

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R$.

(4) Колико има главних (фундаменталних) пресека, а колико главних петљи (фундаменталних контура)?

(8) Одредити напон v_3 и његов домен.

(3) Нацртати график напона v_3 . Обележити осе графика, координатни почетак, пресеке и додире графика са осама, и тачке екстремума.

Главних пресека има
а главних петљи

Напон v_3 и његов домен су

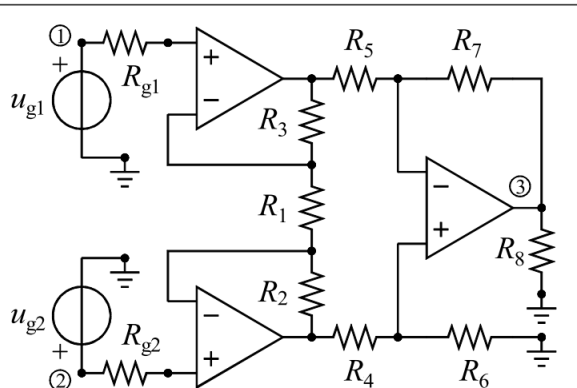
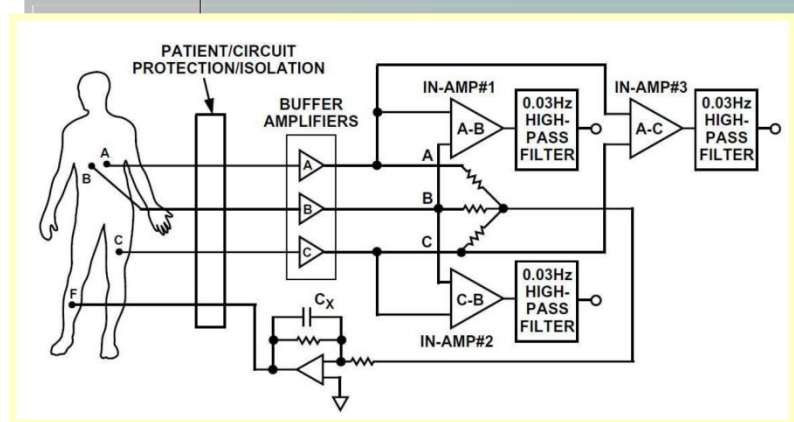


График напона v_3 је



У задатку се анализира *инструментациони појачавач* који се користи у мерним електронским уређајима, као што су медицински апарати (ECG, Electrocardiogram).

Инструментациони појачавач

Задатак (2)

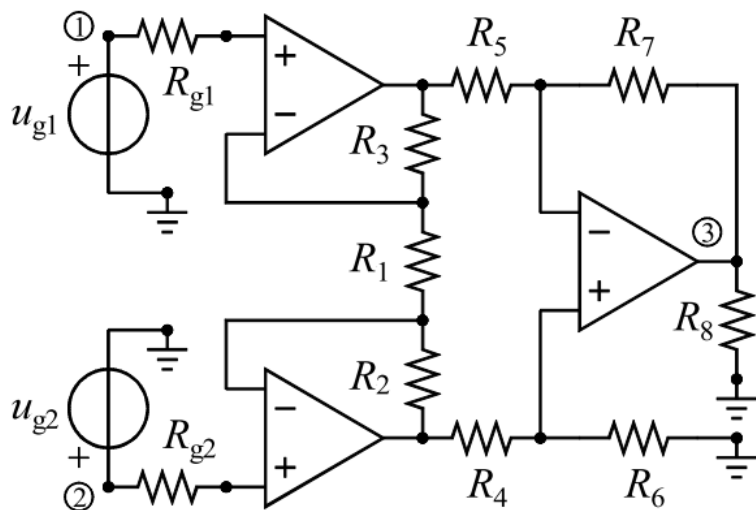
(5) Колико главних (фундаменталних) пресека има електрично коло са слике?

(5) Одредити напон v_3 отпорника R_8 ?

(5) Колика је снага извора?

Вредности елемената су познате.

$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R.$$



Главних пресека има

Напон отпорника је

Снага извора је

Инструментациони појачавач

Задатак (3)

(5) Колико главних петљи (фундаменталних контура) има електрично коло са слике?

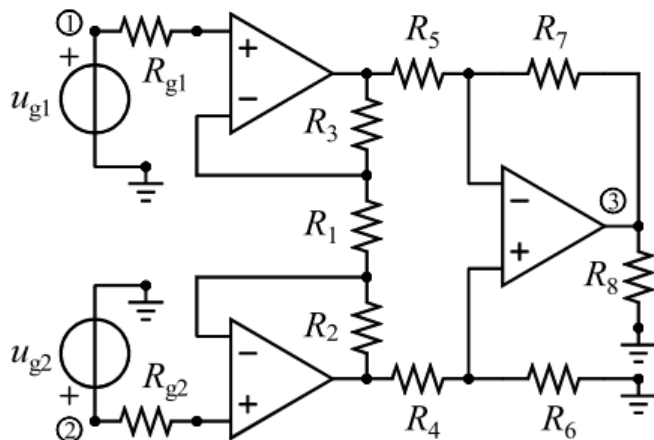
(5) Нацртати график напона v_3 отпорника R_8 ?

(5) Колика је снага отпорника R_8 у тренутку $t = T/2$?

Вредности елемената су познате.

$$u_{g1} = U h(t), \quad u_{g2} = U h(t-T), \quad T > 0, \quad U > 0,$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R.$$

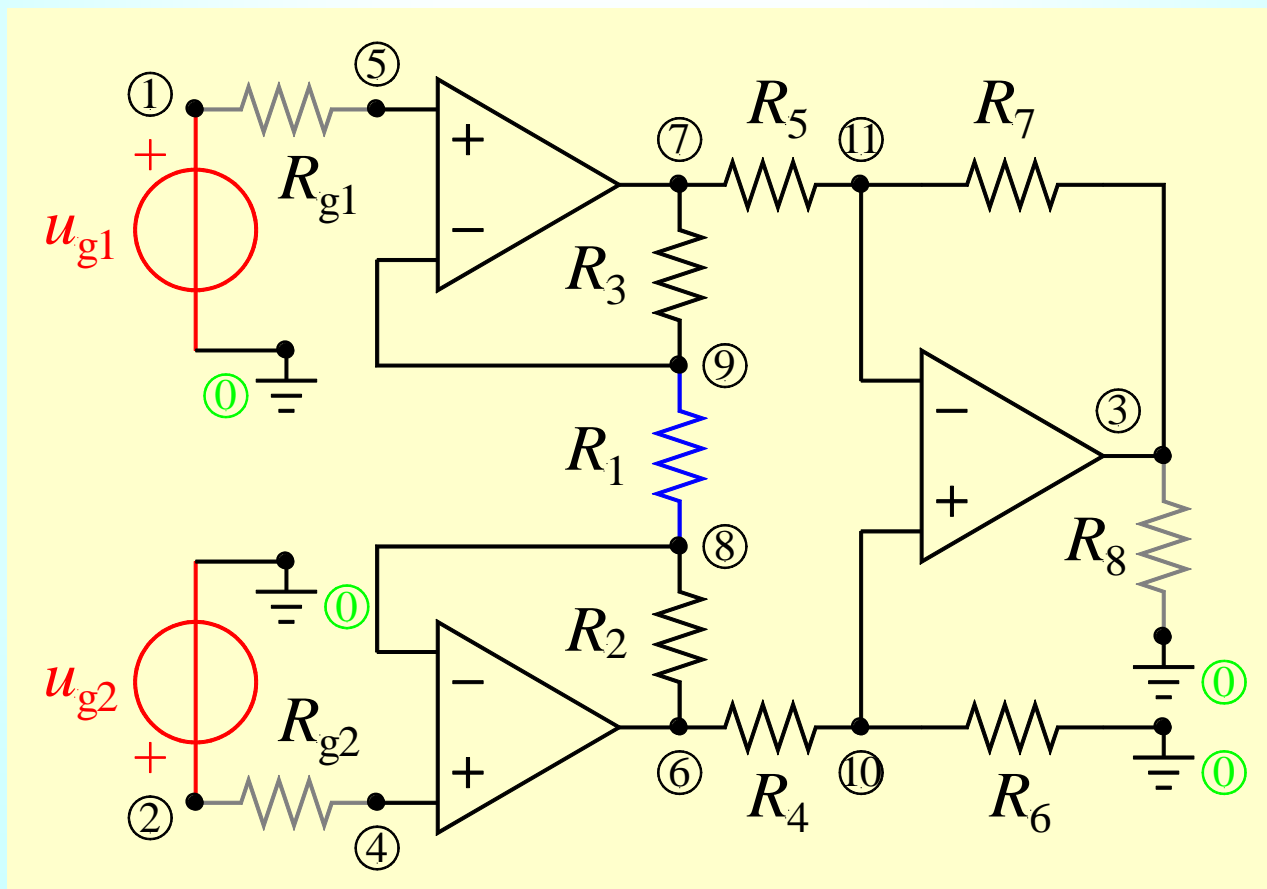


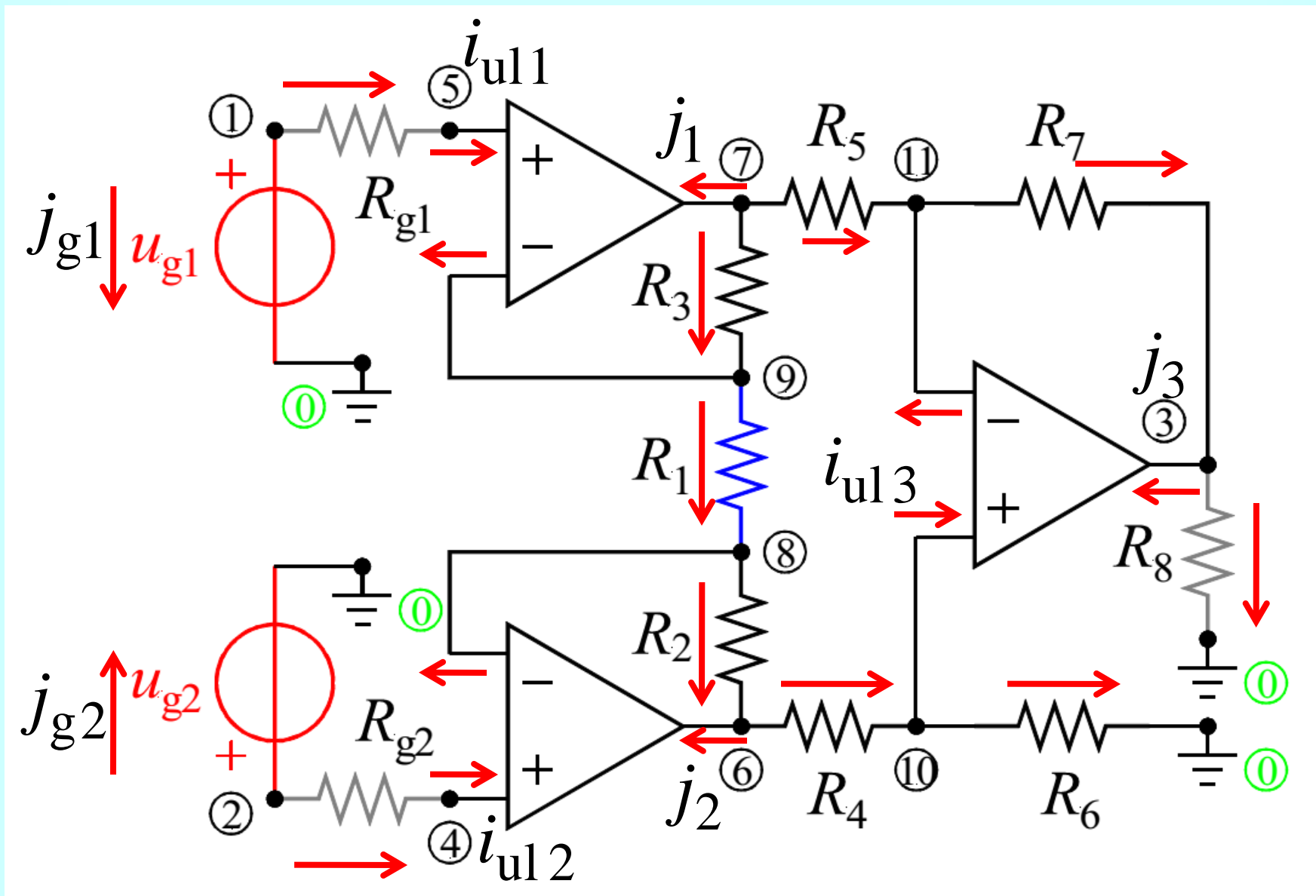
Главних петљи има

График напона отпорника је

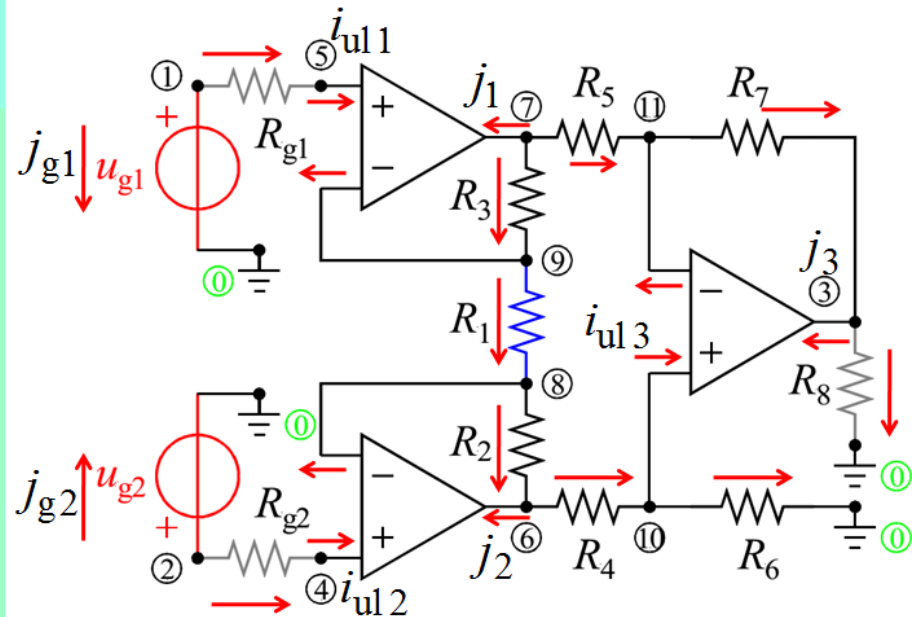
Снага отпорника је

Инструментациони појачавач





Modified Nodal Analysis – MNA (1)



$$(1) j_{g1} + (V_1 - V_5)/R_{g1} = 0$$

$$(2) j_{g2} + (V_2 - V_4)/R_{g2} = 0$$

$$(3) j_3 - (V_{11} - V_3)/R_7 + V_3/R_8 = 0$$

$$(4) -(V_2 - V_4)/R_{g2} + i_{ul2} = 0$$

$$(5) -(V_1 - V_5)/R_{g1} + i_{ul1} = 0$$

$$(6) j_2 + (V_6 - V_{10})/R_4 - (V_8 - V_6)/R_2 = 0$$

$$(7) j_1 + (V_7 - V_9)/R_3 + (V_7 - V_{11})/R_5 = 0$$

$$(8) -i_{ul2} - (V_9 - V_8)/R_1 + (V_8 - V_6)/R_2 = 0$$

$$(9) -i_{ul1} - (V_7 - V_9)/R_3 + (V_9 - V_8)/R_1 = 0$$

$$(10) -(V_6 - V_{10})/R_4 + i_{ul3} + V_{10}/R_6 = 0$$

$$(11) -(V_7 - V_{11})/R_5 - i_{ul3} + (V_{11} - V_3)/R_7 = 0$$

$$i_{ul1} = 0$$

$$i_{ul2} = 0$$

$$i_{ul3} = 0$$

$$V_5 = V_9$$

$$V_4 = V_8$$

$$V_{10} = V_{11}$$

$$V_1 = u_{g1}$$

$$V_2 = u_{g2}$$

Modified Nodal Analysis – MNA (2)

$$(1) j_{g1} + (V_1 - V_5)/R_{g1} = 0$$

$$(2) j_{g2} + (V_2 - V_4)/R_{g2} = 0$$

~~$$(3) j_3 - (V_{11} - V_3)/R_7 + V_3/R_8 = 0$$~~

$$(4) -(V_2 - V_4)/R_{g2} + i_{ul2} = 0 \Rightarrow V_2 = V_4$$

$$(5) -(V_1 - V_5)/R_{g1} + i_{ul1} = 0 \Rightarrow V_1 = V_5$$

~~$$(6) j_2 + (V_6 - V_{10})/R_4 - (V_8 - V_6)/R_2 = 0$$~~

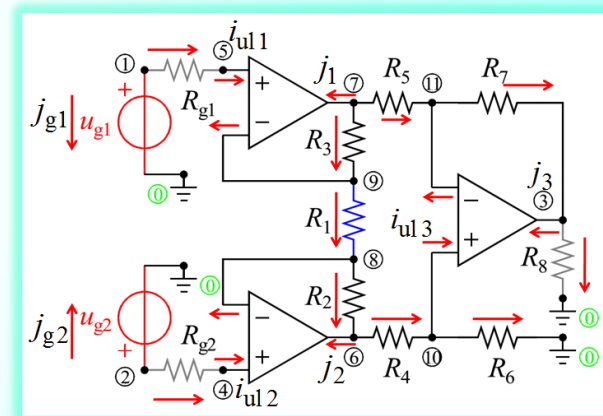
~~$$(7) j_1 + (V_7 - V_9)/R_3 + (V_7 - V_{11})/R_5 = 0$$~~

~~$$(8) -i_{ul3} - (V_9 - V_8)/R_1 + (V_8 - V_6)/R_2 = 0$$~~

~~$$(9) -i_{ul1} - (V_7 - V_9)/R_3 + (V_9 - V_8)/R_1 = 0$$~~

~~$$(10) -(V_6 - V_{10})/R_4 + i_{ul3} + V_{10}/R_6 = 0$$~~

~~$$(11) -(V_7 - V_{11})/R_5 - i_{ul3} + (V_{11} - V_3)/R_7 = 0$$~~



$$i_{ul1} = 0$$

$$i_{ul2} = 0$$

$$i_{ul3} = 0$$

$$V_5 = V_9$$

$$V_4 = V_8$$

$$V_{10} = V_{11}$$

$$V_1 = u_{g1}$$

$$V_2 = u_{g2}$$

~~$$j_1, j_2, j_3 \Rightarrow 3), 6), 7)$$~~

Modified Nodal Analysis – MNA (3)

$$(1) j_{g1} + (V_1 - V_5)/R_{g1} = 0 \Rightarrow j_{g1} = 0$$

$$(2) j_{g2} + (V_2 - V_4)/R_{g2} = 0 \Rightarrow j_{g2} = 0$$

$$(8) -(V_9 - V_8)/R_1 + (V_8 - V_6)/R_2 = 0$$

$$(9) -(V_7 - V_9)/R_3 + (V_9 - V_8)/R_1 = 0$$

$$(10) -(V_6 - V_{10})/R_4 + V_{10}/R_6 = 0$$

$$(11) -(V_7 - V_{11})/R_5 + (V_{11} - V_3)/R_7 = 0$$

$$j_{g1} = 0$$

$$j_{g2} = 0$$

$$i_{ul1} = 0$$

$$V_1 = u_{g1}$$

$$i_{ul2} = 0$$

$$V_2 = u_{g2}$$

$$i_{ul3} = 0$$

$$V_5 = V_9$$

$$V_2 = V_4$$

$$V_4 = V_8$$

$$V_1 = V_5$$

$$V_{10} = V_{11}$$

$$(8) -(V_9 - V_8)/R_1 + (V_8 - V_6)/R = 0$$

$$(9) -(V_7 - V_9)/R + (V_9 - V_8)/R_1 = 0$$

$$(10) -(V_6 - V_{10})/R + V_{10}/R = 0 \Rightarrow 2V_{10} = V_6$$

$$(11) -(V_7 - V_{11})/R + (V_{11} - V_3)/R = 0 \Rightarrow V_3 = 2V_{11} - V_7$$

$$2V_{10} = V_6$$

$$V_3 = 2V_{11} - V_7$$

$$(8) -(V_1 - V_2)/R_1 + (V_2 - 2V_{11})/R = 0$$

$$(9) -(V_7 - V_1)/R + (V_1 - V_2)/R_1 = 0$$

Напон отпорника R_8

$$(8) - (V_1 - V_2)/R_1 + (V_2 - 2V_{11})/R = 0$$

$$(9) - (V_7 - V_1)/R + (V_1 - V_2)/R_1 = 0$$

$$j_{g1} = 0$$

$$V_2 = V_4$$

$$i_{ul1} = 0$$

$$j_{g2} = 0$$

$$V_1 = V_5$$

$$i_{ul2} = 0$$

$$V_1 = u_{g1}$$

$$2V_{10} = V_6$$

$$i_{ul3} = 0$$

$$V_2 = u_{g2}$$

$$(8) - u_{g1}R + u_{g2}(R + R_1) - 2V_{11}R_1 = 0$$

$$V_{11} = \left(\frac{1}{2R_1} \right) (-u_{g1}R + u_{g2}(R + R_1))$$

$$V_3 = 2V_{11} - V_7$$

$$V_5 = V_9$$

$$V_4 = V_8$$

$$V_{10} = V_{11}$$

$$(9) - (V_7 - V_1)/R + (V_1 - V_2)/R_1 = 0$$

$$V_7 = \frac{1}{R_1} (u_{g1}(R + R_1) - u_{g2}R)$$

$$V_3 = \frac{1}{R_1} (-u_{g1}R + u_{g2}(R + R_1)) - \frac{1}{R_1} (u_{g1}(R + R_1) - u_{g2}R) = -\frac{(2R + R_1)(u_{g1} - u_{g2})}{R_1}$$

Снага извора

$$V_3 = -\frac{(2R + R_1)(u_{g1} - u_{g2})}{R_1}$$

$$j_{g1} = 0$$

$$j_{g2} = 0$$

$$p_g = j_{g1}u_{g1} + j_{g2}u_{g2} = 0$$

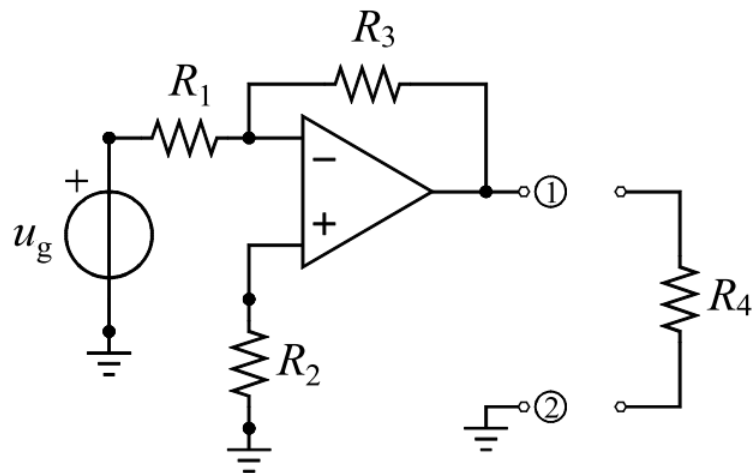
Одредити Тевененов генератор

Задатак 1

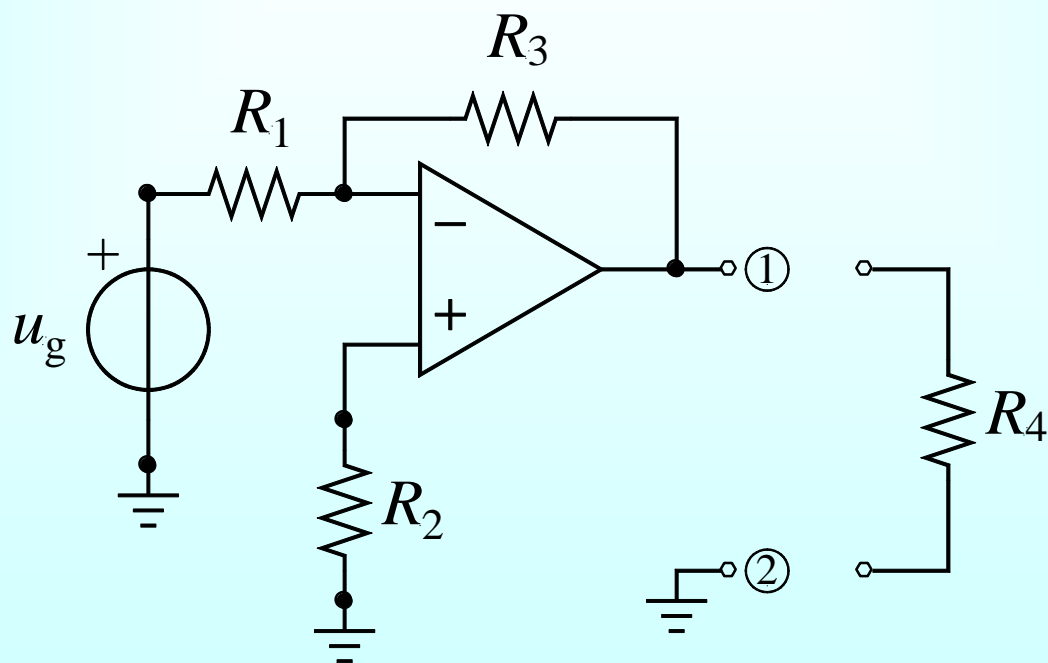
(5) Одредити Тевененов генератор мреже чији су прикључци 1 и 2.

(5) Колика је снага отпорника који се прикључује на мрежу?

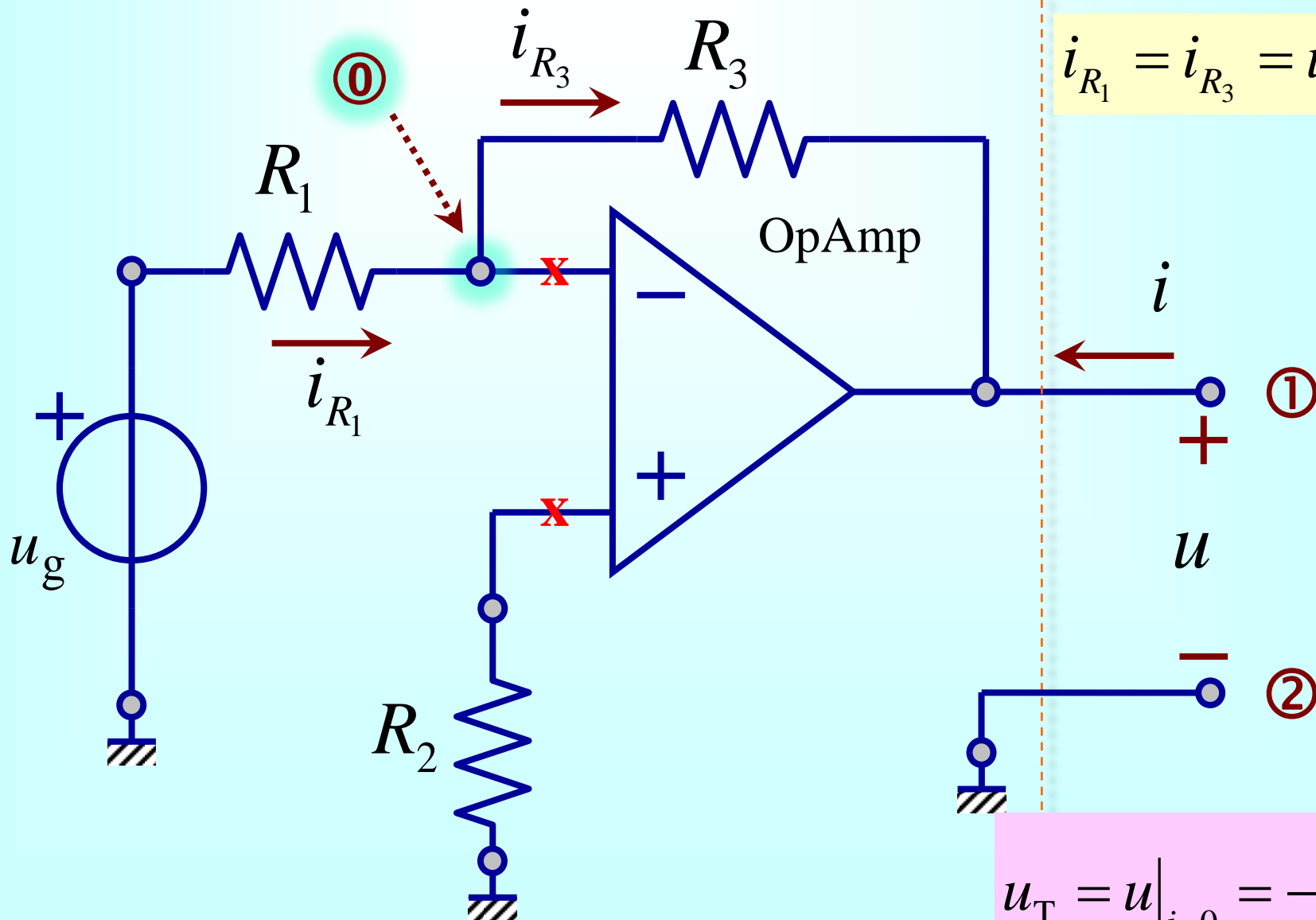
(5) Нацртати граф кола после прикључивања отпорника и одредити главне контуре (φ-контуре).



Инвертујући појачавач



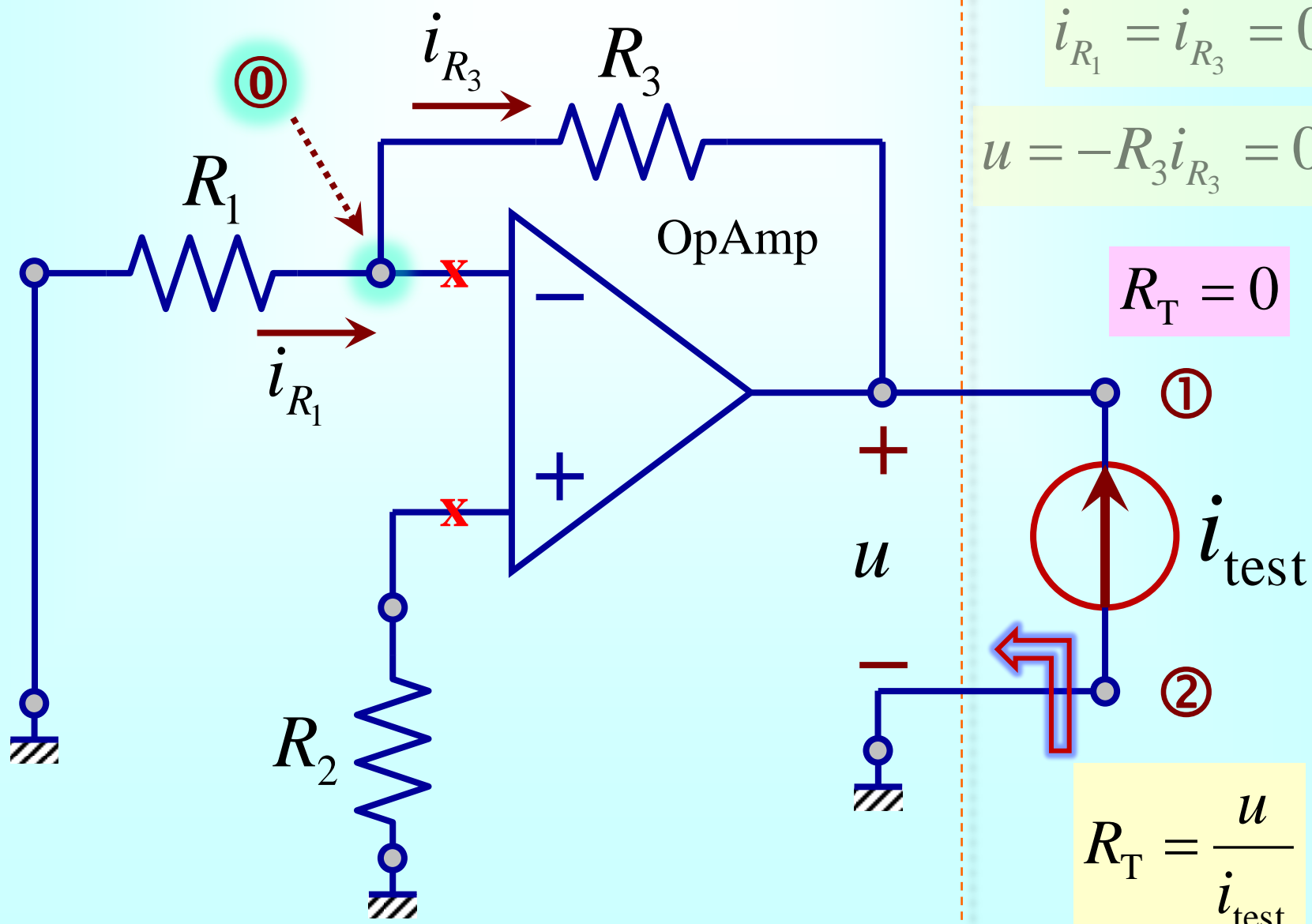
Тевененов генератор (1)



$$i_{R_1} = i_{R_3} = u_g / R_1$$

$$u_T = u|_{i=0} = -\frac{R_3}{R_1} u_g$$

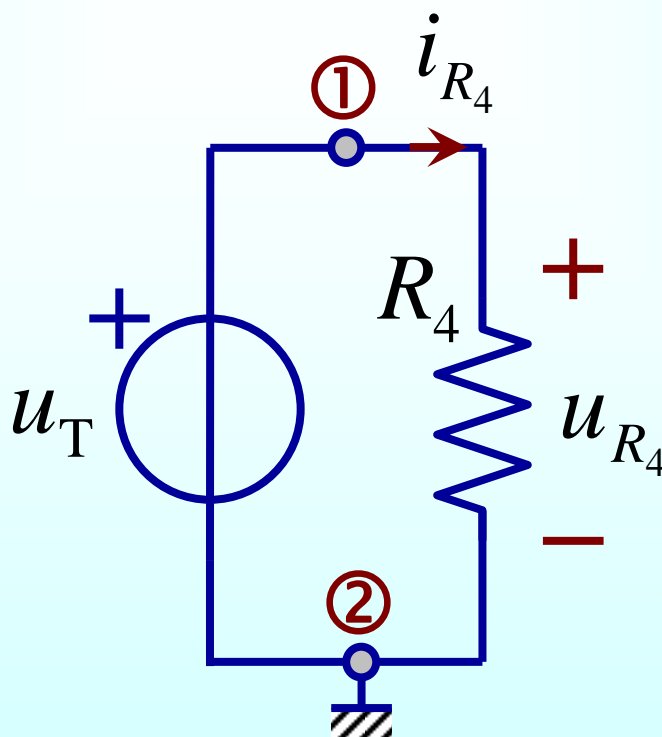
Тевененов генератор (2)



Еквивалентна шема

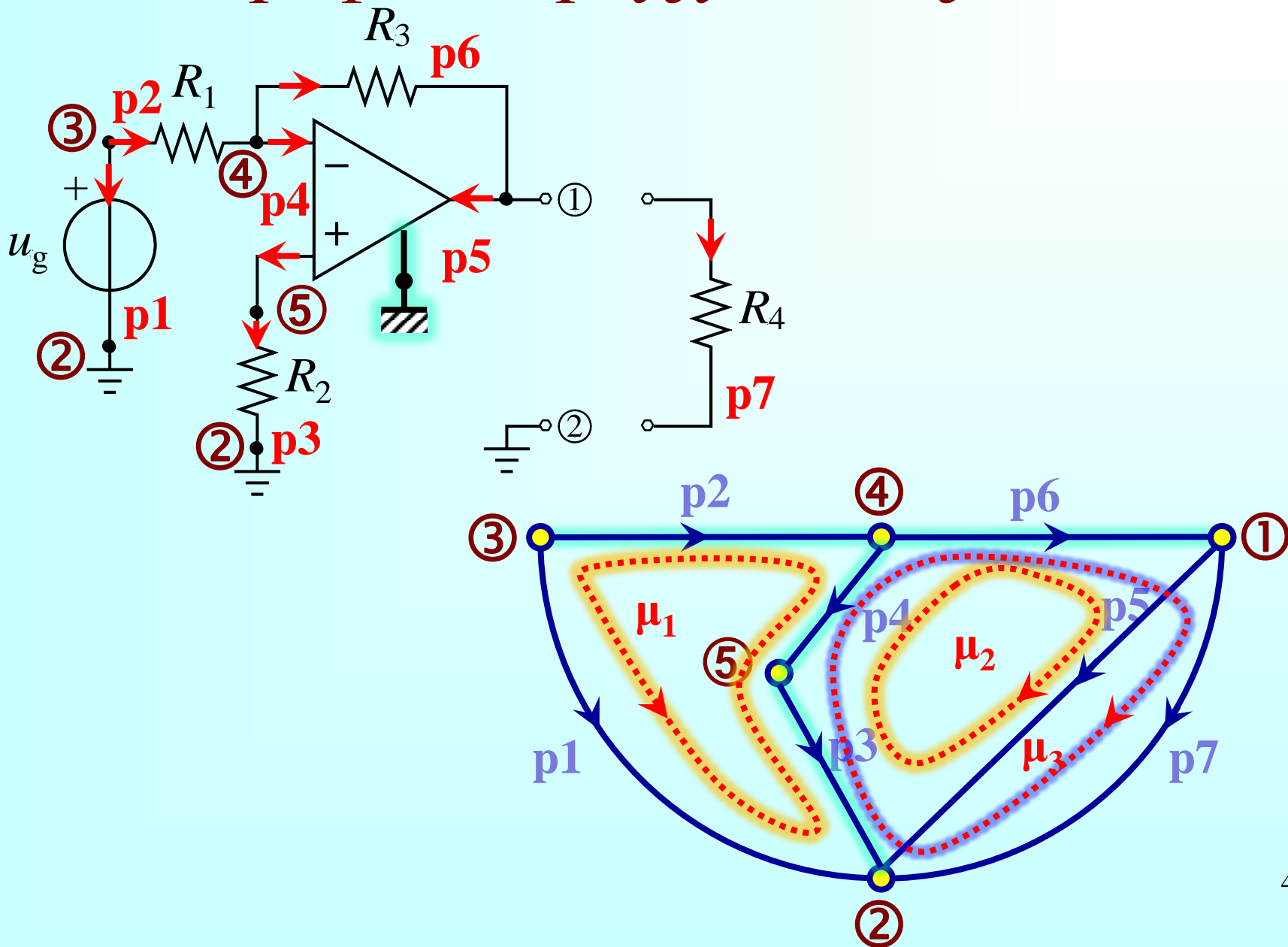
$$u_T = u|_{i=0} = -\frac{R_3}{R_1} u_g$$

$$R_T = 0$$



$$p_{R_4} = u_{R_4} i_{R_4} = u_T \frac{u_T}{R_4} = \frac{u_T^2}{R_4}$$

Граф инвертујућег појачавача



Сабирач

Задатак 2

Поједностављена електрична шема аналогног електронског сабирача је приказана на слици. Вредности елемената су познате. Одредити

(5) број главних пресека и

(5) напон (потенцијал) v_4 .

(5) Нацртати напон v_4 у функцији времена

ако су побуде $u_{g1}(t) = U \vartheta(t)$,

$u_{g2}(t) = -2U \vartheta(t - T)$, $u_{g3}(t) = U \vartheta(t - 2T)$,

$U > 0$, $T > 0$, и ако су отпорности свих отпорника једнаке R .

Обележити осе графика, координатни почетак, пресеке и додире графика са осама, и тачке екстремума.

Број главних пресека је

Напон (потенцијал) v_4 је

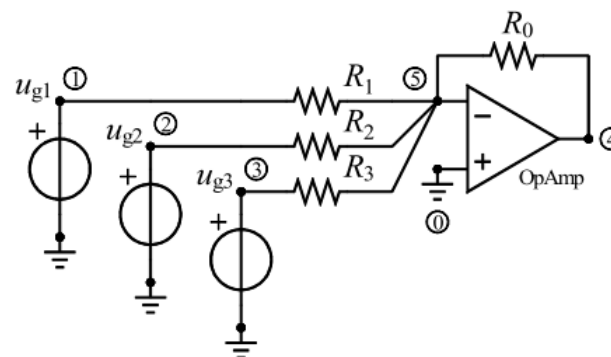
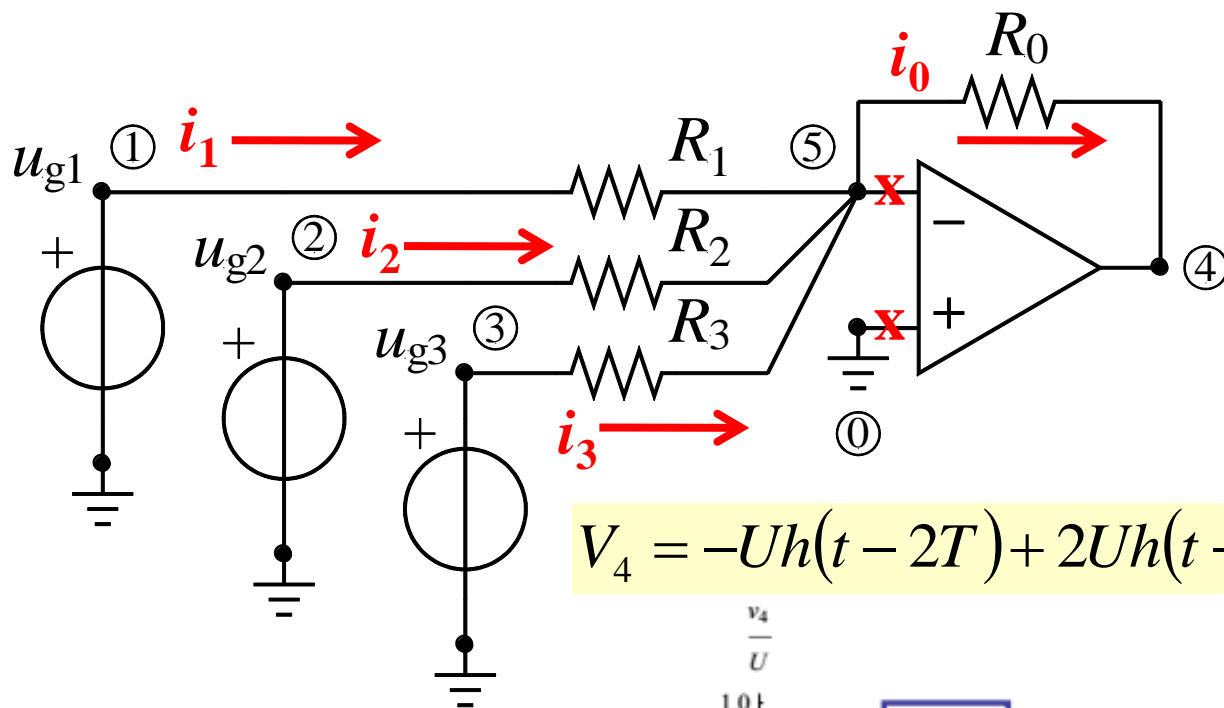


График напона v_4 у функцији времена је

Сабирач

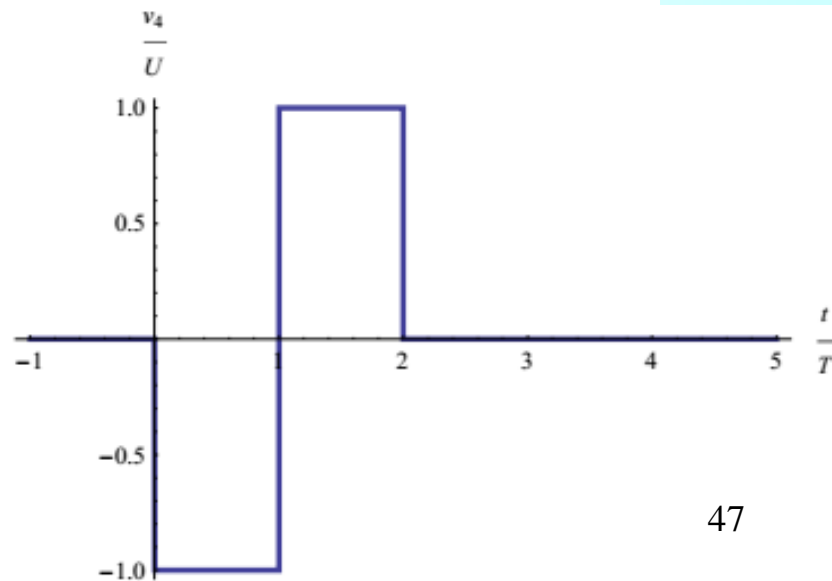


$$V_4 = -Uh(t - 2T) + 2Uh(t - T) - Uh(t)$$

$$V_5 = V_0 = 0$$

$$i_0 = \frac{u_{g1}}{R_1} + \frac{u_{g2}}{R_2} + \frac{u_{g3}}{R_3}$$

$$V_4 = -R_0 i_0 = -\frac{R_0 u_{g1}}{R_1} - \frac{R_0 u_{g2}}{R_2} - \frac{R_0 u_{g3}}{R_3}$$



Одузимач

Задатак 2

Аналогни електронски одузимач је шематски приказан на слици. Вредности елемената су познате и постоји веза

$$\text{параметара } \frac{R_3}{R_1} = \frac{R_4}{R_2} = 1.$$

(5) Одредити напон (потенцијал) v_3 .

(5) Одредити снагу (тренутну улазну снагу) операционог појачавача.

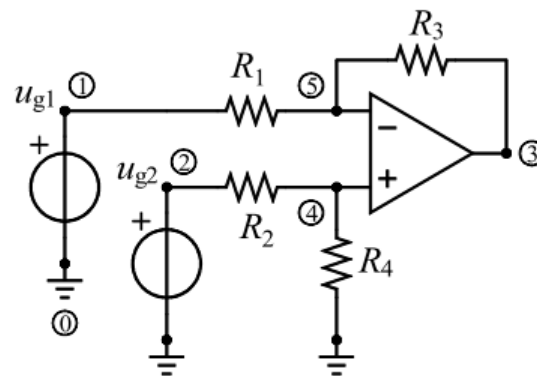
(5) Нацртати напон v_3 у функцији времена ако су побуде $u_{g1}(t) = U \vartheta(t)$,

$$u_{g2}(t) = 2U \vartheta(t - T), \quad U > 0, \quad T > 0.$$

Обележити осе графика, координатни почетак, пресеке и додире графика са осама, и тачке екстремума.

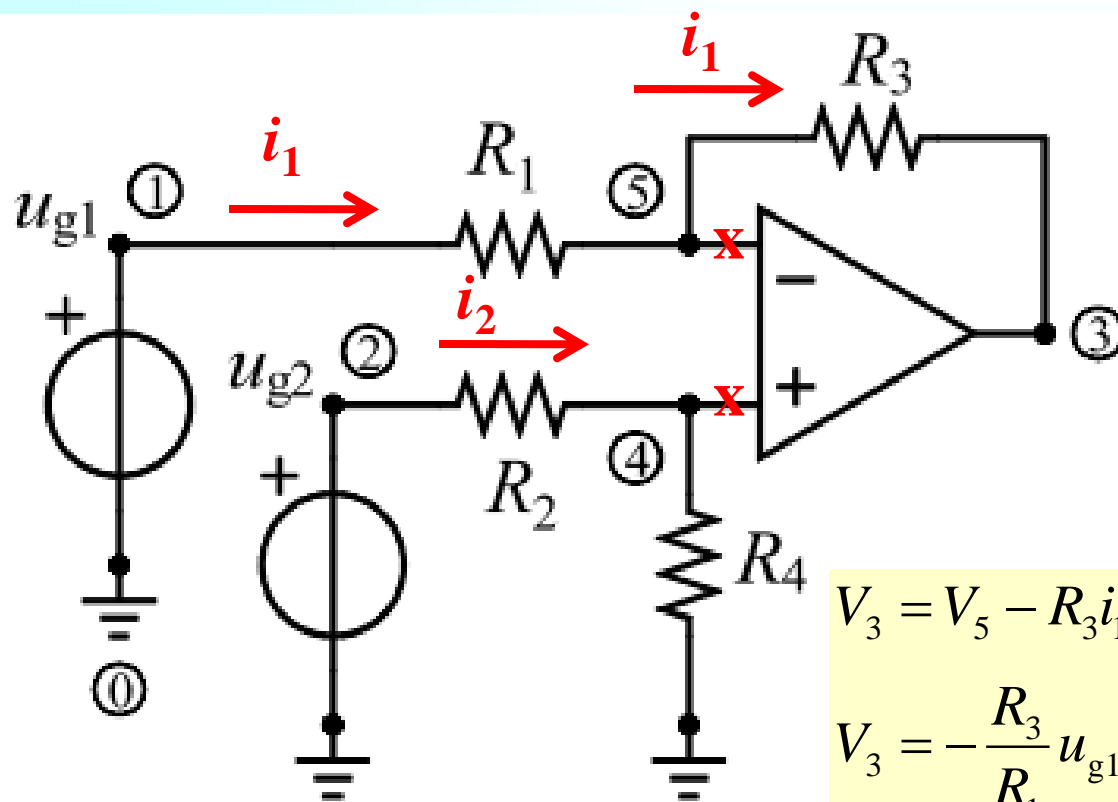
Напон (потенцијал) v_3 је

Снага операционог појачавача је



Напон v_3 у функцији времена је

Одузимач



$$i_2 = \frac{u_{g2}}{R_2 + R_4}$$

$$V_4 = R_4 i_2 = V_5$$

$$i_1 = \frac{u_{g1} - V_5}{R_1}$$

$$i_1 = \frac{u_{g1}}{R_1} - \frac{R_4}{R_1} \frac{u_{g2}}{R_2 + R_4}$$

$$V_3 = V_5 - R_3 i_1$$

$$V_3 = -\frac{R_3}{R_1} u_{g1} + \left(\frac{R_3 R_4}{R_1} \frac{1}{R_2 + R_4} + \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) u_{g2}$$

$$V_3 = -u_{g1} + u_{g2}$$

$$V_3 = u_{g2} - u_{g1}$$

Појачавач великог појачања

Задатак 1

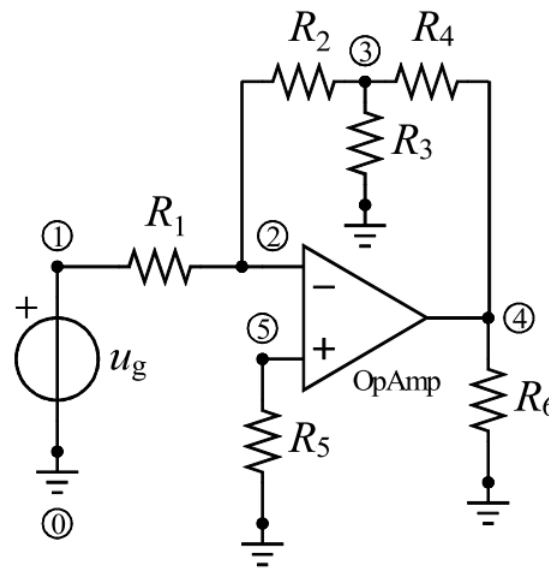
Инвертујући појачавач великог појачања и малог распона познатих отпорности је приказан на слици. Одредити

(5) напонско појачање $A = \frac{v_4}{u_g}$.

(5) Нацртати граф појачавача и

(5) одредити број главних (фундаменталних) пресека и петљи (контуре).

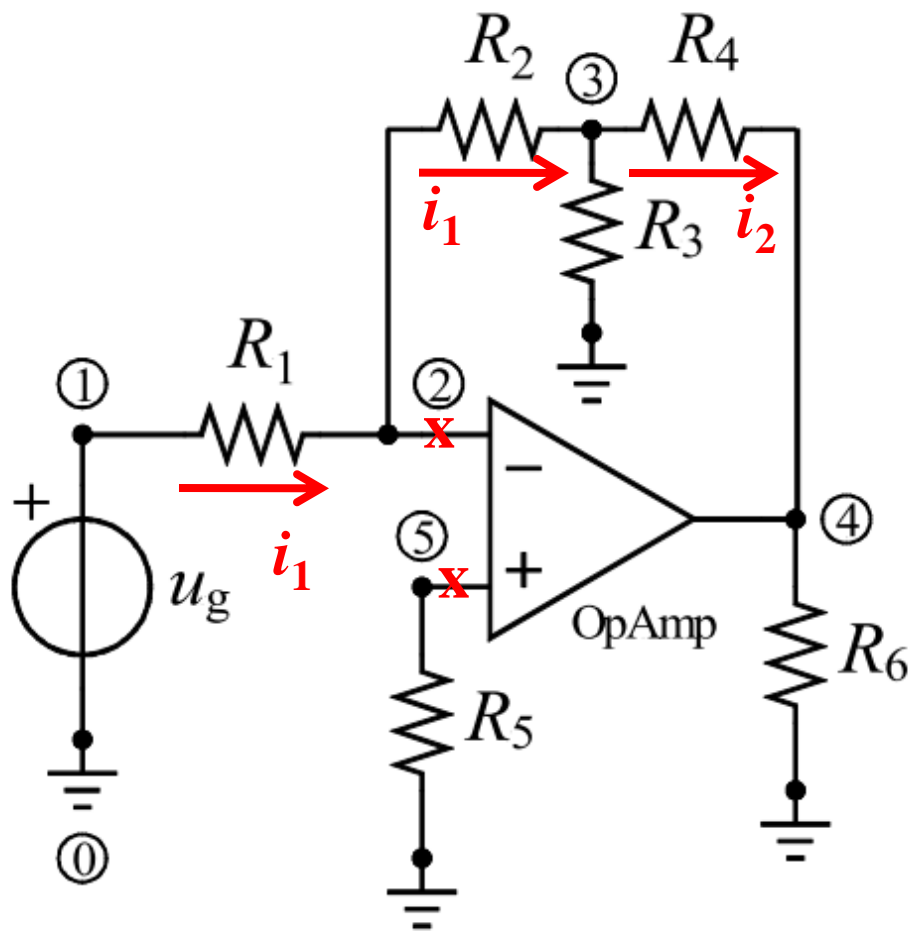
Напонско појачање је



Број главних (фундаменталних) пресека је

а петљи (контуре) је

Појачавач великог појачања



$$i_1 = \frac{u_g}{R_1}$$

$$V_5 = V_2 = 0$$

$$V_3 = -R_2 i_1 = -\frac{R_2 u_g}{R_1}$$

$$V_4 = V_3 - R_4 i_2 = V_3 - R_4 \left(i_1 - \frac{V_3}{R_3} \right)$$

$$V_4 = -\frac{R_2}{R_1} u_g \left(1 + \frac{R_4}{R_3} \right) - \frac{R_4}{R_1} u_g$$

$$A = \frac{V_4}{u_g} = -\left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} + \frac{R_4}{R_1} \right)$$