

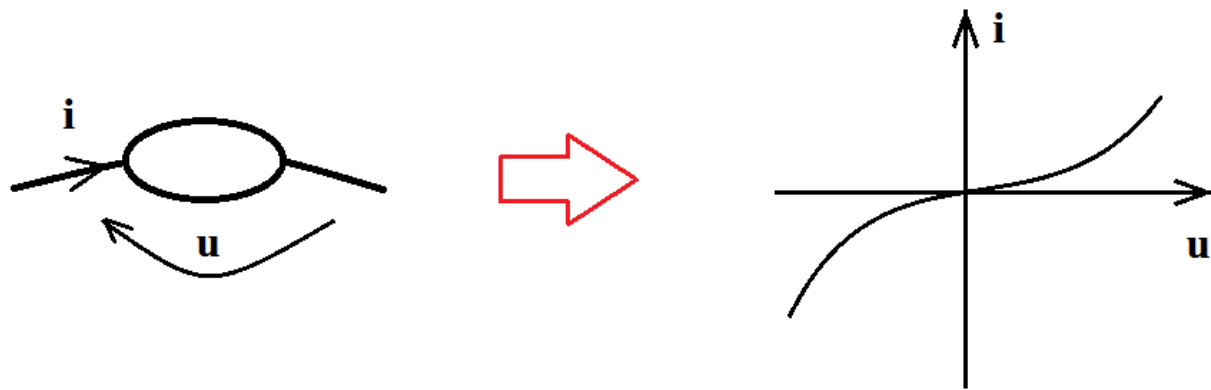


# Osnovni koncepti teorije električnih kola

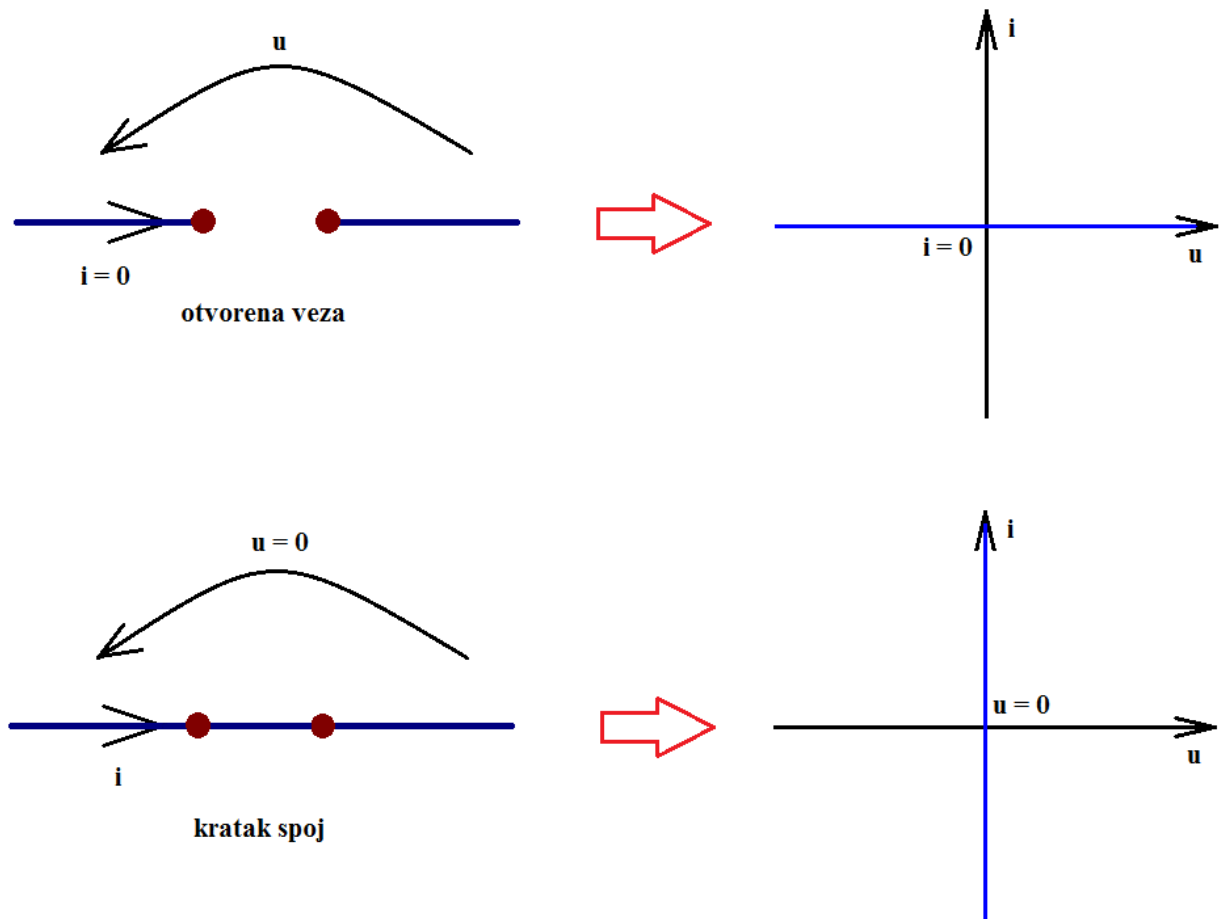
Katedra za elektroniku

## Naponsko-strujna karakteristika

- Električno kolo predstavlja skup komponenti međusobno povezanih provodnim vezama. Rešavanje (analiza) kola podrazumeva nalaženje svih napona i struja u kolu.
- Kada su u pitanju rezistivne komponente sa jednim pristupom (tj. jednim parom krajeva), moguće je uspostaviti funkcionalnu zavisnost između napona na krajevima komponente i struje koja protiče kroz nju. Takva zavisnost naziva se strujno-naponskom karakteristikom.
- Naponsko-strujna ( $U/I$ ) karakteristika može, ali ne mora biti linearna.

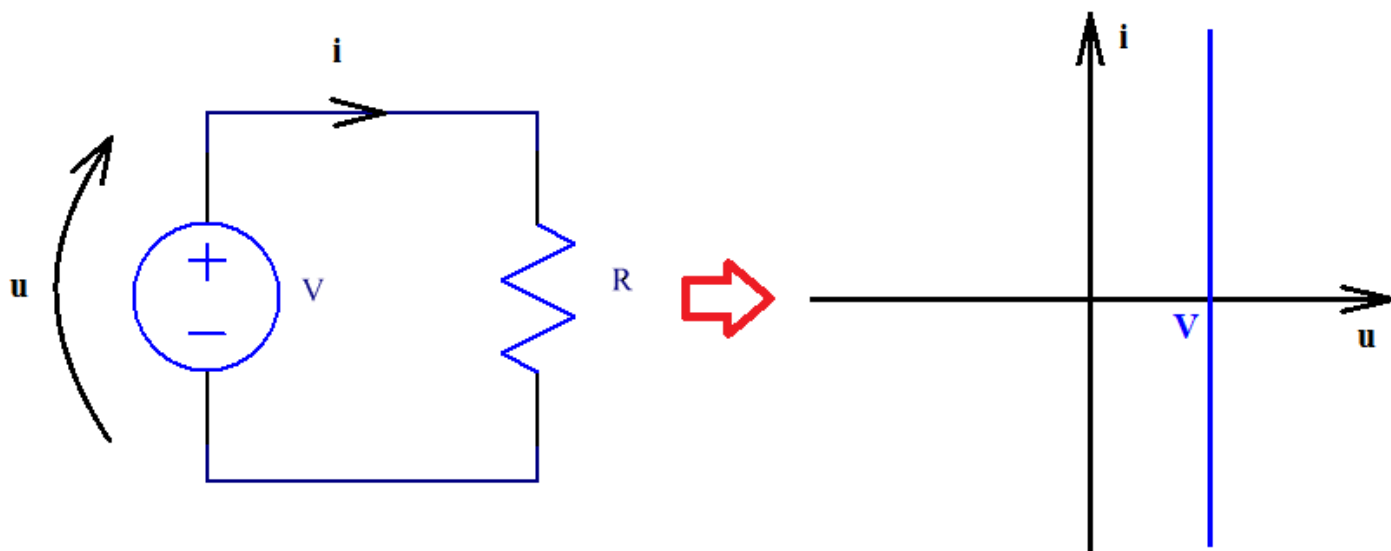


## Kratak spoj / otvorena veza

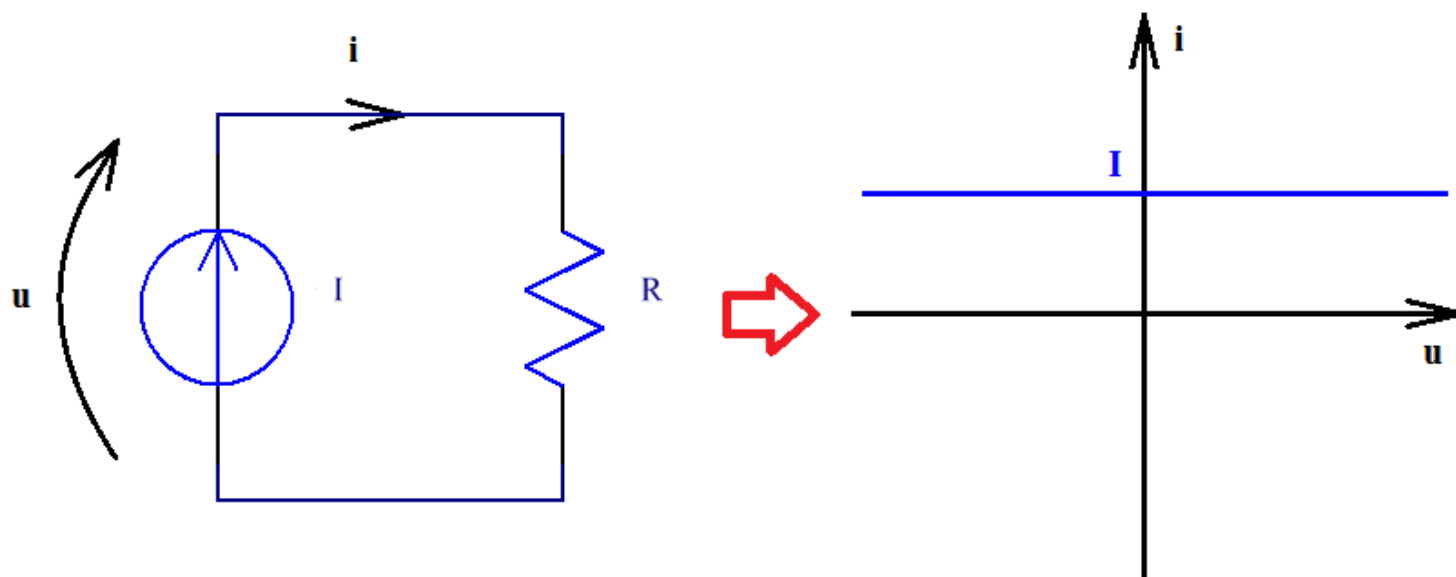




## Nezavisni naponski izvor

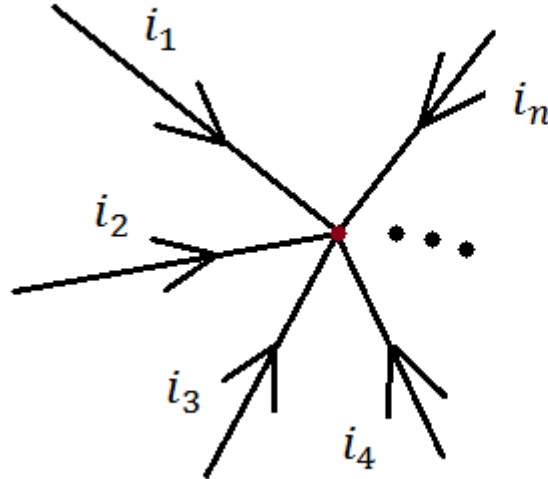


## Nezavisni strujni izvor



## Strujni Kirhofov zakon

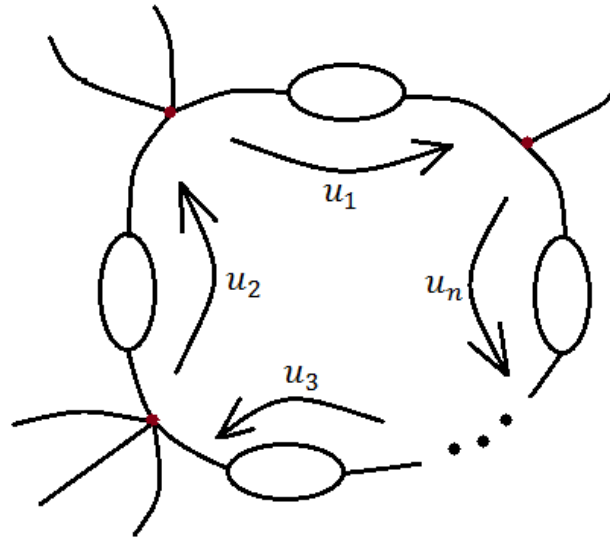
- Algebarska suma struja koje ulaze u čvor (odnosno u proizvoljnu zatvorenu površ) jednaka je nuli.
- Ukoliko se stvarni smer struje ne poklapa sa pretpostavljenim referentnim smerom, struja će imati negativnu vrednost.



$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

## Naponski Kirhofov zakon

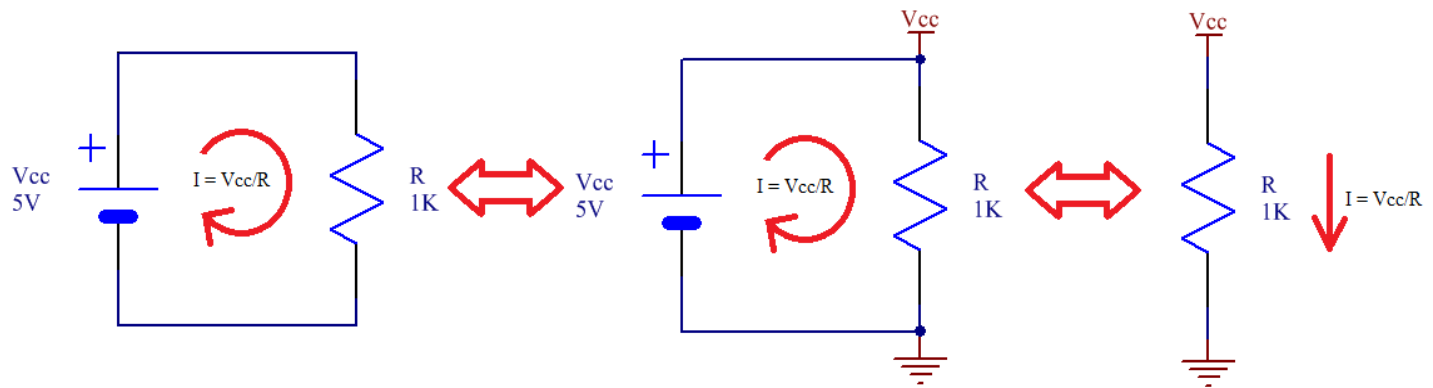
- Algebarska suma napona duž proizvoljne zatvorene konture jednaka je nuli.
- Slično kao kod struja, ukoliko se stvarni smer napona ne poklapa sa referentnim, napon će u izrazu imati negativan predznak.



$$\sum_{k=1}^n u_k = 0$$

## Konvencija za obeležavanje naponskih izvora

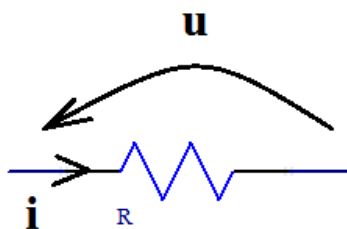
- Analogna i digitalna elektronska kola obično se napajaju iz jednosmernog naponskog izvora, kao što je baterija, ispravljač i sl.
- U elektronici je uobičajena praksa da se negativan kraj izvora napajanja proglašava tačkom referentnog potencijala (*masa*, engl. *ground*).
- Pozitivan kraj izvora napajanja obeležava se sa  $V_{cc}$ , ili alternativno  $V_{dd}$  u kolima sa MOS tehnologijom.



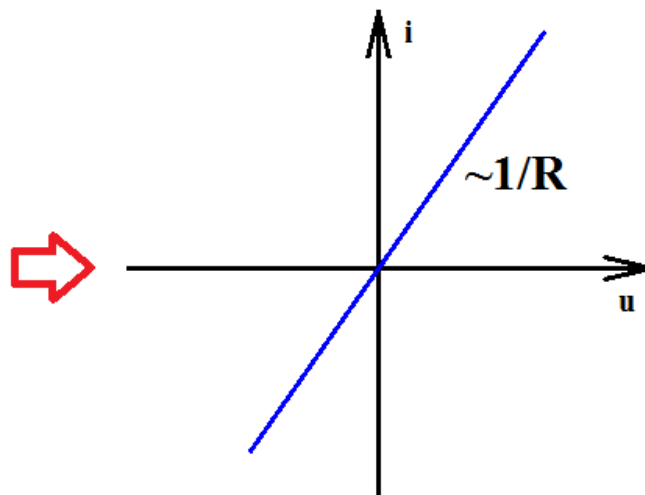


# Otpornik

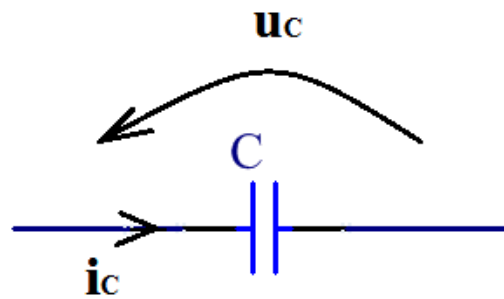
- Komponenta kod koje je struja linearno zavisna od napona
- Naponsko-strujna karakteristika određena je Omovim zakonom.



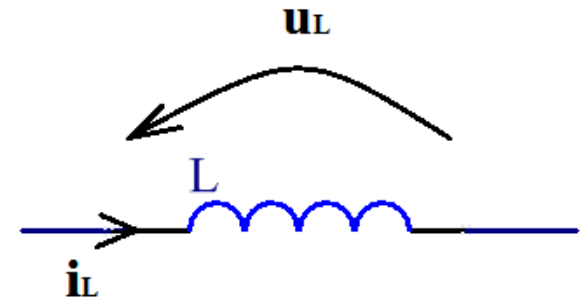
$$i = \frac{u}{R}$$



## Akumulacioni elementi (kondenzator i prigušnica)

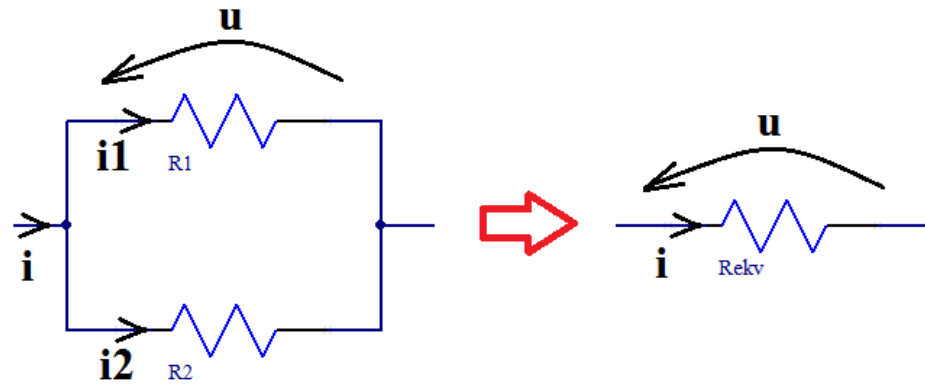


$$i_c = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$



$$u_L = L \cdot \frac{di_L}{dt}$$

## Paralelna veza otpornika

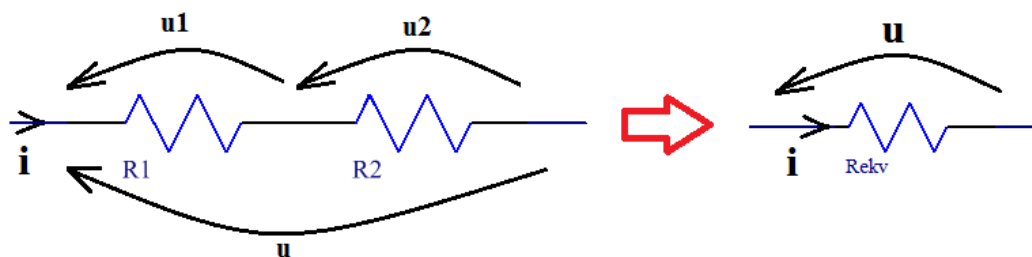


$$R_{ekv} = \frac{u}{i}$$

$$i = i_1 + i_2 = \frac{u}{R_1} + \frac{u}{R_2}$$

$$R_{ekv} = \frac{u}{\frac{u}{R_1} + \frac{u}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

## Redna (serijska) veza otpornika



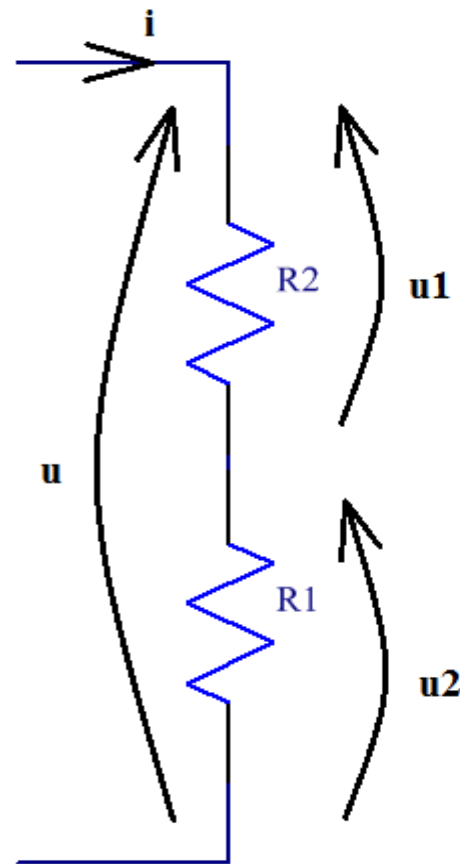
$$R_{ekv} = \frac{u}{i}$$

$$u = u_1 + u_2 = R_1 i + R_2 i$$

$$R_{ekv} = \frac{R_1 i + R_2 i}{i} = R_1 + R_2$$



## Naponski razdelnik

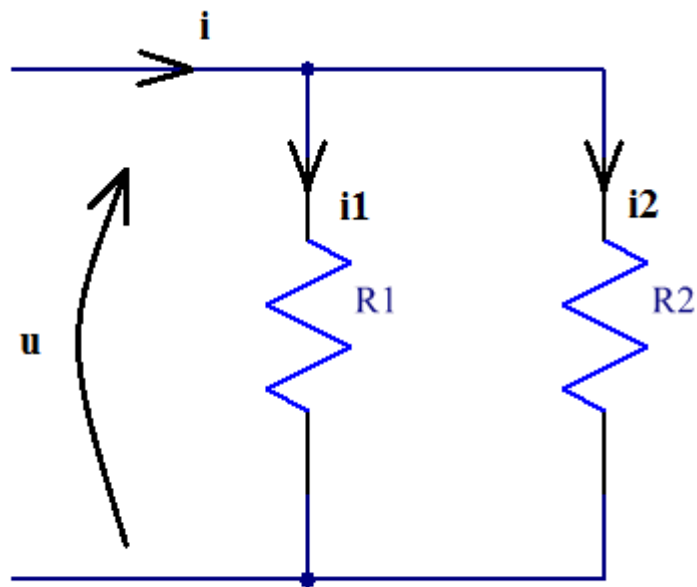


$$i = \frac{u}{R_1 + R_2}$$

$$u_1 = iR_1 = u \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$u_2 = iR_2 = u \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

## Strujni razdelnik



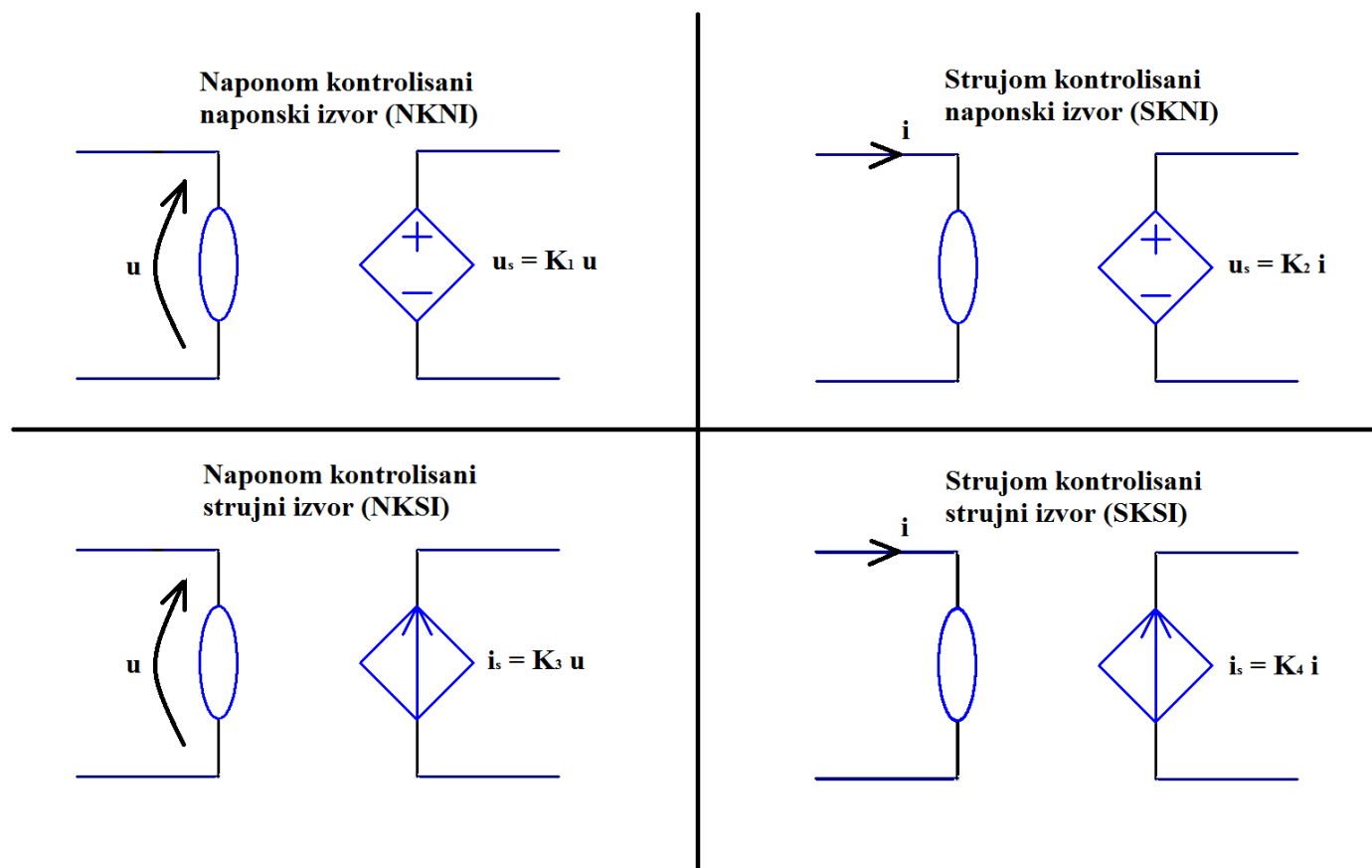
$$u = i \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_1 = \frac{u}{R_1} = i \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$i_2 = \frac{u}{R_2} = i \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

## Zavisni (kontrolisani) izvori

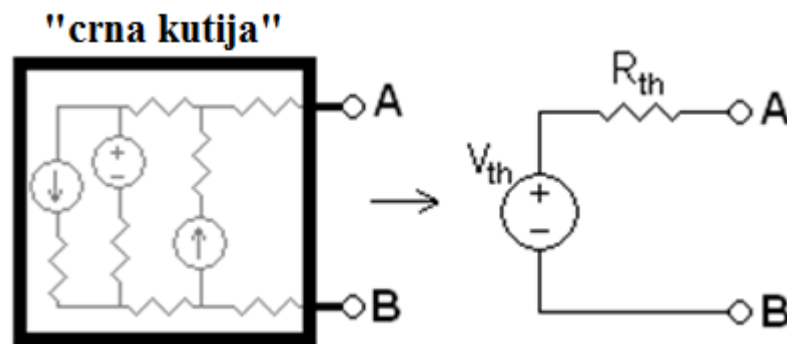
- Naponski ili strujni izvor čiji napon (odnosno struja) zavisi od nekog drugog napona, ili struje u kolu naziva se zavisnim izvorom. Postoje 4 osnovna tipa zavisnih izvora:



# Tevenenova teorema

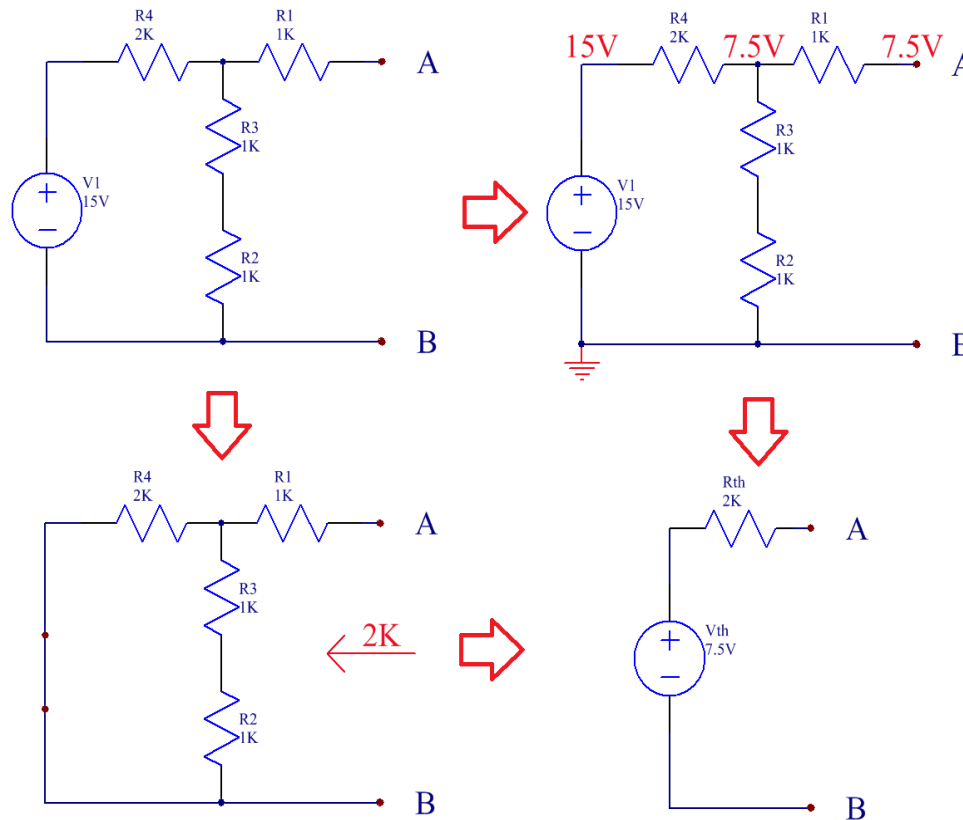
U rezistivnim DC kolima važi Tevenenova teorema:

- Svaka linearna mreža koja se sastoji isključivo od naponskih izvora, strujnih izvora i otpornika između čvorova A i B može biti zamenjena ekvivalentnim naponskim izvorom  $V_{th}$  vezanim na red sa ekvivalentnom otpornošću  $R_{th}$ .
- Ekvivalentni napon  $V_{th}$  je napon između čvorova A i B kada se mreža odvoji od ostatka kola.
- Ekvivalentna otpornost  $R_{th}$  je otpornost između čvorova A i B pod pretpostavkom da su svi nezavisni naponski izvori zamenjeni kratkim spojevima, a svi nezavisni strujni izvori otvorenim vezama.





# Tevenenova teorema (primer)



$$V_{th} = \frac{R_2 + R_3}{(R_2 + R_3) + R_4} \cdot V_1 =$$

$$= \frac{1k\Omega + 1k\Omega}{(1k\Omega + 1k\Omega) + 2k\Omega} \cdot 15V =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 15V = 7.5V$$

$$R_{th} = R_1 + [(R_2 + R_3) \parallel R_4] =$$

$$= 1k\Omega + [(1k\Omega + 1k\Omega) \parallel 2k\Omega] =$$

$$= 1k\Omega + [2k\Omega \parallel 2k\Omega] = 1k\Omega + 1k\Omega = 2k\Omega$$



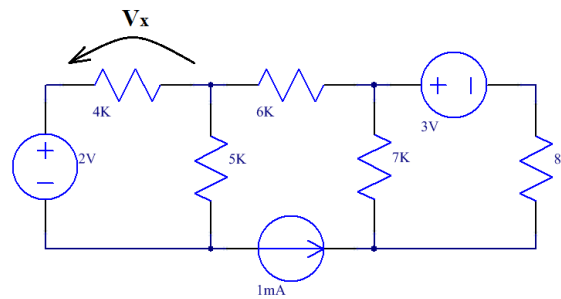
# Princip superpozicije

U linearnim kolima u kojima istovremenu deluje više nezavisnih naponskih i/ili strujnih generatora važi princip superpozicije:

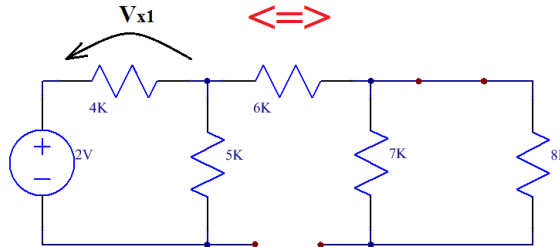
Napon (odnosno struja) u bilo kojoj grani linearnog kola jednak je algebarskoj sumi napona, odnosno struja izazvanih delovanjem svakog pojedinačnog nezavisnog izvora. Prilikom izračunavanja pojedinačnih doprinosa nezavisnih izvora, svi ostali nezavisni izvori se zamenjuju njihovom unutrašnjom otpornošću na sledeći način:

- Nezavisni naponski izvori se zamenjuju kratkim spojevima
- Nezavisni strujni izvori se zamenjuju otvorenim vezama

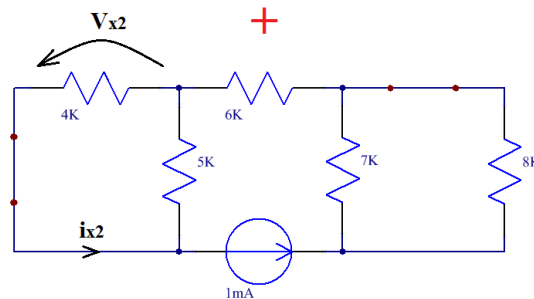
# Princip superpozicije (primer)



$$V_x = V_{x1} + V_{x2} + V_{x3}$$



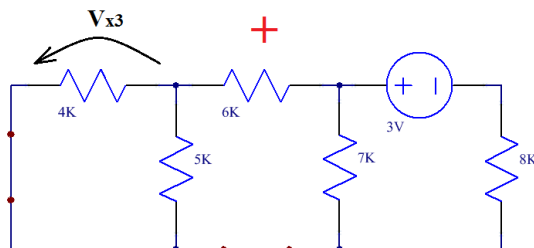
$$V_{x1} = 2V \cdot \frac{4k\Omega}{4k\Omega + 5k\Omega} = 0.89V$$



$$V_{x2} = -i_{x2} \cdot 4k\Omega$$

$$i_{x2} = 1mA \cdot \frac{5k\Omega}{4k\Omega + 5k\Omega}$$

$$V_{x2} = -1mA \cdot \frac{5k\Omega}{9k\Omega} \cdot 4k\Omega = -2.22V$$



$$V_{x3} = 0$$

$$V_x = V_{x1} + V_{x2} + V_{x3} = 0.89V - 2.22V + 0 = -1.33V$$