Exemple de probleme rezolvate pentru cursul 05 DEEA
Determinarea rezistenţelor diodei. Polarizarea diodelor

Partea I. Determinarea valorilor rezistenţei diodei în funcţie de regimul de funcţionare

În funcţie de valoarea variaţiei mărimilor electrice ale diodei, aceasta poate funcţiona în 3 regimuri distincte de funcţionare:

- regimul de curent continuu: variaţia mărimilor electrice este nulă.
- regimul variabil de semnal mare: variaţia mărimilor electrice este minim de ordinul zecilor de milivolţi;
- regim variabil de semnal mic: variaţia mărimilor electrice este cel mult 12,5 milivolţi.

Pentru fiecare regim de funcţionare, dioda are o rezistenţă electrică, determinată în mod diferit:

- regimul de curent continuu: rezistenţa de curent continuu, notată $\mathbf{R_D}$;
- regimul variabil de semnal mare: rezistenţa de semnal mare, notată $\mathbf{r_D}$;
- regim variabil de semnal mic: rezistenţa de semnal mic, notată $\mathbf{r_d}$.

1. Determinarea rezistenţei de curent continuu a diodei

Dacă printr-o diodă trece un curent electric $\mathbf{I_A}$, iar pe aceasta cade o tensiune continuă $\mathbf{V_A}$, atunci rezistenţa de curent continuu a diodei, notată $\mathbf{R_D}$ se calculează cu relaţia generală:

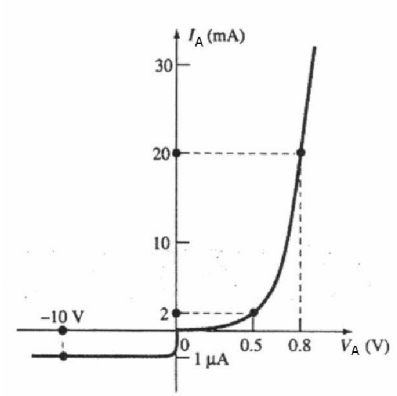
$$\boxed{R_D = \frac{V_A}{I_A}}$$

Problema 1. O diodă semiconductoare are caracteristica de funcţionare indicată în figura de mai jos. Să se determine valoarea rezistenţei de curent continuu a diodei respective dacă:

a. curentul continuu prin aceasta este egal cu 20 [mA].

b. curentul continuu prin aceasta este egal cu 2 [mA].

c. tensiunea continuă pe aceasta este egală cu -10 [V].



Rezolvare:

a. conform caracteristicii de funcţionare, atunci când curentul continuu prin dioda considerată este egal cu 20 [mA], tensiunea pe aceasta este egală cu 0,8[V]. În acest caz, valoarea rezistenţei diodei în curent continuu este:

$$R_D = \frac{V_A}{I_A} = \frac{0{,}8[V]}{20[mA]} = \frac{0{,}8}{20}[k\Omega] = 0{,}04[k\Omega] = 40[\Omega]$$

b. conform caracteristicii de funcţionare, atunci când curentul continuu prin dioda considerată este egal cu 2 [mA], tensiunea pe aceasta este egală cu 0,5[V]. În acest caz, valoarea rezistenţei diodei în curent continuu este:

$$R_D = \frac{V_A}{I_A} = \frac{0{,}5[V]}{2[mA]} = \frac{0{,}5}{2}[k\Omega] = 0{,}25[k\Omega] = 250[\Omega]$$

c. conform caracteristicii de funcţionare, atunci când tensiunea continuă pe dioda considerată este egală cu -10 [V], curentul electric prin aceasta este egală cu -1[μA]. În acest caz, valoarea rezistenţei diodei în curent continuu este:

$$R_D = \frac{V_A}{I_A} = \frac{-10[V]}{-1[\mu A]} = \frac{10}{1}[M\Omega] = 10[M\Omega]$$

MΩ = megohmi = 10^6 ohmi

2. Determinarea rezistenţei de semnal mare a diodei

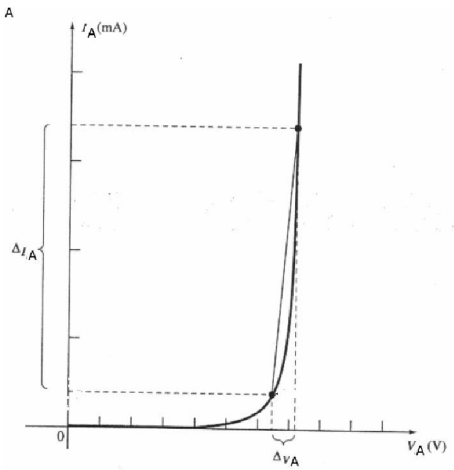
Dacă printr-o diodă, atît curentul electric cât şi tensiunea electrică variază, iar **amplitudinea variaţiei tensiunii** este mai mare decât **12,5 [mV]**, atunci se spune că dioda lucrează în **regim variabil de semnal mare**.

În cazul în care, **amplitudinea variaţiei tensiunii** este mai mică decât valoarea de **12,5 [mV]**, atunci se spune că dioda lucrează în **regim variabil de semnal mic**.

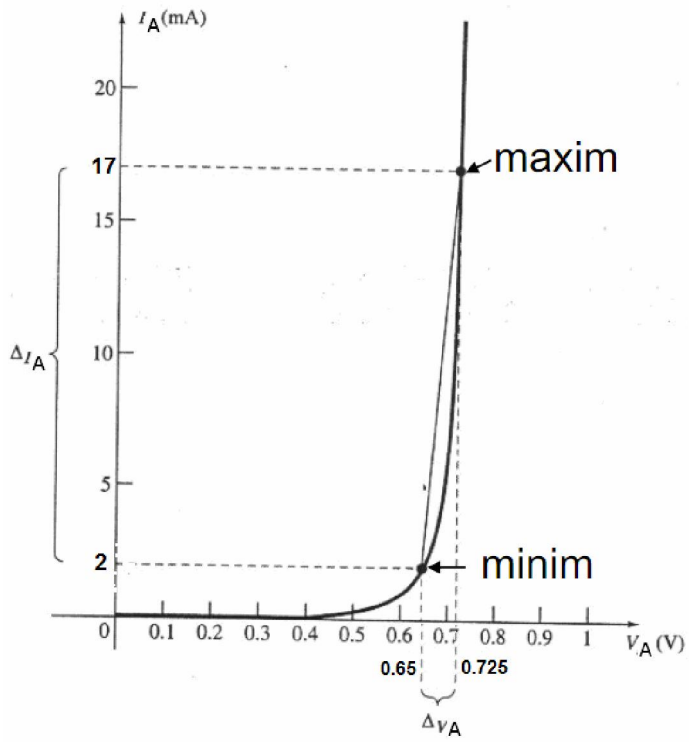
În acest caz, pentru diodă se defineşte rezistenţa de semnal mare, notată $\mathbf{r_D}$, care se calculează ca raportul între variaţia tensiunii pe diodă $\Delta\mathbf{v_A}$ şi variaţia curentului pe diodă $\Delta\mathbf{i_A}$, conform relaţiei de mai jos,

$$\boxed{r_D = \frac{\Delta v_A}{\Delta i_A}}$$

unde cele 2 variaţii sunt determinate pe caracteristica de funcţionare a diodei respective.



Problema 2. O diodă semiconductoare are caracteristica de funcţionare indicată în figura de mai jos. Să se determine valoarea rezistenţei diodei respective dacă curentul electric variază prin diodă între valoarea minimă 2 [mA] şi valoarea maximă 17 [mA].



Rezolvare:

Conform caracteristicii de funcţionare, atunci când valoarea curentului electric prin diodă atinge valoarea minimă de 2 [mA], valoarea tensiunii pe dioda are valoarea 0,65 [V], iar când valoarea curentului electric prin diodă atinge valoarea maximă de 17 [mA], valoarea tensiunii pe diodă are valoarea 0,725 [V]. În acest caz, variaţia curentului electric prin diodă este

$$\Delta i_A = i_{Amax} - i_{Amin} = 17[mA] - 2[mA] = 15[mA]$$

iar variaţia tensiunii electrice pe diodă este

$$\Delta v_A = v_{Amax} - v_{Amin} = 0{,}725[V] - 0{,}65[V] = 0{,}075[V] = 75[mV]$$

Regimul în care dioda funcţionează se decide în funcţie de amplitudinea tensiunii pe diodă, notată $\mathbf{V_d}$, care este egală cu jumătatea variaţiei tensiunii pe diodă:

$$V_a = \frac{\Delta v_A}{2} = \frac{75}{2}[mV] = 37{,}5[mV]$$

Deoarece amplitudinea tensiunii pe diodă este de ordinul zecilor de milivolţi, se poate considera că dioda funcţionează în regim variabil de semnal mare, şi în acest caz, valoarea rezistenţei de semnal mare a diodei este:

$$r_D = \frac{\Delta v_A}{\Delta i_A} = \frac{0{,}075[V]}{15[mA]} = 0{,}005[k\Omega] = 5[\Omega]$$

3. Determinarea rezistenţei de semnal mic a diodei

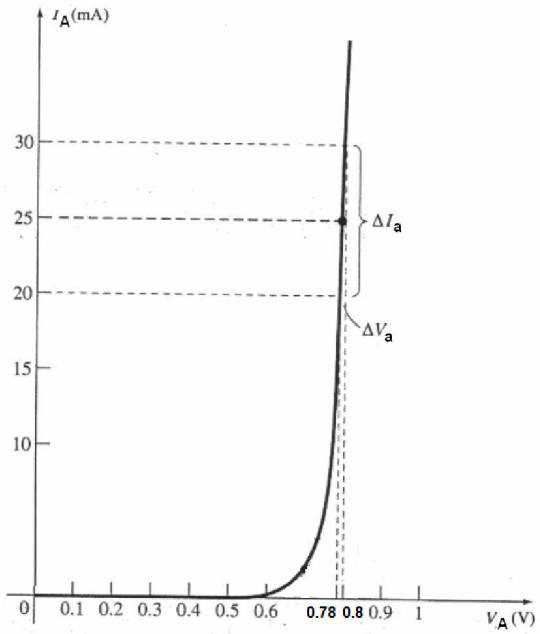
Dacă pe o diodă, **amplitudinea variaţiei tensiunii** electrice este **mai mică decât** aproximativ **12,5 milivolţi**, atunci se spune că dioda respectivă lucrează **în regim variabil de semnal mic**.

În acest caz, pentru diodă se defineşte rezistenţa de semnal mic, notată $\mathbf{r_d}$, care se calculează ca raportul dintre valoarea tensiunii termice $\mathbf{V_T}$ şi valoarea curentului continuu pe diodă I_A, conform relaţiei de mai jos,

$$\boxed{r_d = \frac{V_T}{I_A}}$$

Tensiunea termică depinde de valoarea temperaturii la care lucrează circuitul; de exemplu, la temperatura **T=25^{0}C, $\mathbf{V_T}$ = 25 [V].**

Problema 3. O diodă semiconductoare are caracteristica de funcţionare indicată în figura de mai jos. Să se determine valoarea rezistenţei diodei respective dacă se cunoaşte faptul că valoarea curentului electric variază prin diodă între valoarea minimă 20[mA] şi valoarea maximă 30[mA], iar valoarea curentului continuu a acestuia este egală cu 25[mA]. Rezistenţa diodei se calculează la temperatura T=25^{0}C.



Rezolvare:

Conform caracteristicii de funcţionare, atunci când valoarea curentului electric prin diodă atinge valoarea minimă de 20[mA], valoarea tensiunii pe dioda are valoarea 0,78 [V], iar când valoarea curentului electric prin

diodă atinge valoarea maximă de 30[mA], valoarea tensiunii pe diodă are valoarea 0,8[V]. În acest caz, variaţia tensiunii electrice pe diodă este.

$$\Delta v_A = v_{Amax} - v_{Amin} = 0{,}8[V] - 0{,}78[V] = 0{,}002[V] = 20[mV]$$

Regimul în care dioda funcţionează se decide în funcţie de amplitudinea tensiunii pe diodă, notată $\mathbf{V_a}$, care este egală cu jumătatea variaţiei tensiunii pe diodă:

$$V_a = \frac{\Delta v_A}{2} = \frac{20}{2}[mV] = 10[mV]$$

Deoarece amplitudinea tensiunii pe diodă este mai mică decât pragul de 12,5 milivolţi, se poate considera că dioda funcţionează în regim variabil de semnal mic, şi în acest caz, valoarea rezistenţei de semnal mic a diodei este:

$$r_d = \frac{V_T}{I_A} = \frac{25[mV]}{25[mA]} = 1[\Omega]$$

Partea II. Circuite cu diode în regim de curent continuu.

În cazul în care într-un circuit electronic, toate mărimile sale electrice (curenţi electrici şi tensiuni electrice) au valori constante în timp, atunci circuitul respectiv funcţionează în **regim de curent continuu**. Un circuit electronic funcţionează în regim de curent continuu dacă este alimentat doar de la surse de tensiune continuă (valoarea tensiunii generate nu se modifică în timp şi este independentă de circuitul alimentat), respectiv de la surse de curent continuu (valoare curentului electric generat nu se modifică în timp şi este independent de circuitul alimentat).

Comportamentul diodei în regim de curent continuu depinde de regiunea de funcţionare în care aceasta lucrează. Regiunile de funcţionare ale diodei sunt:

- **conducţie directă**: potenţialul electric aplicat pe anodul diodei este mai mare decât potenţialul electric aplicat pe catod.
- **conducţie inversă**: potenţialul electric aplicat pe anodul diodei este mai mic decât potenţialul electric aplicat pe catod. În conducţie inversă, în cazul în care tensiunea aplicată pe diodă atinge pragul de străpungere (pentru diodele semiconductoare uzuale pragul de străpungere are o valoare foarte mare), dioda intră în regiunea de străpungere şi se modelează prin intermediul unei rezistenţe de valoare foarte mică. În aplicaţiile prezentate în continuare, se consideră că dioda în circuitul în care aceasta este utilizată, nu sunt îndeplinite condiţiile necesare pentru ca această să se străpungă.

Astfel, dacă dioda funcţionează în regiunea de conducţie directă, comportamentul acesteia se poate modela prin intermediul unei surse de tensiune continuă, care generează o tensiune continuă notată $\mathbf{V_D}$, conectată cu borna + la anod şi borna - la catod conectată în serie cu o rezistenţă de curent continuu $\mathbf{R_D}$. În cazul în care nu se

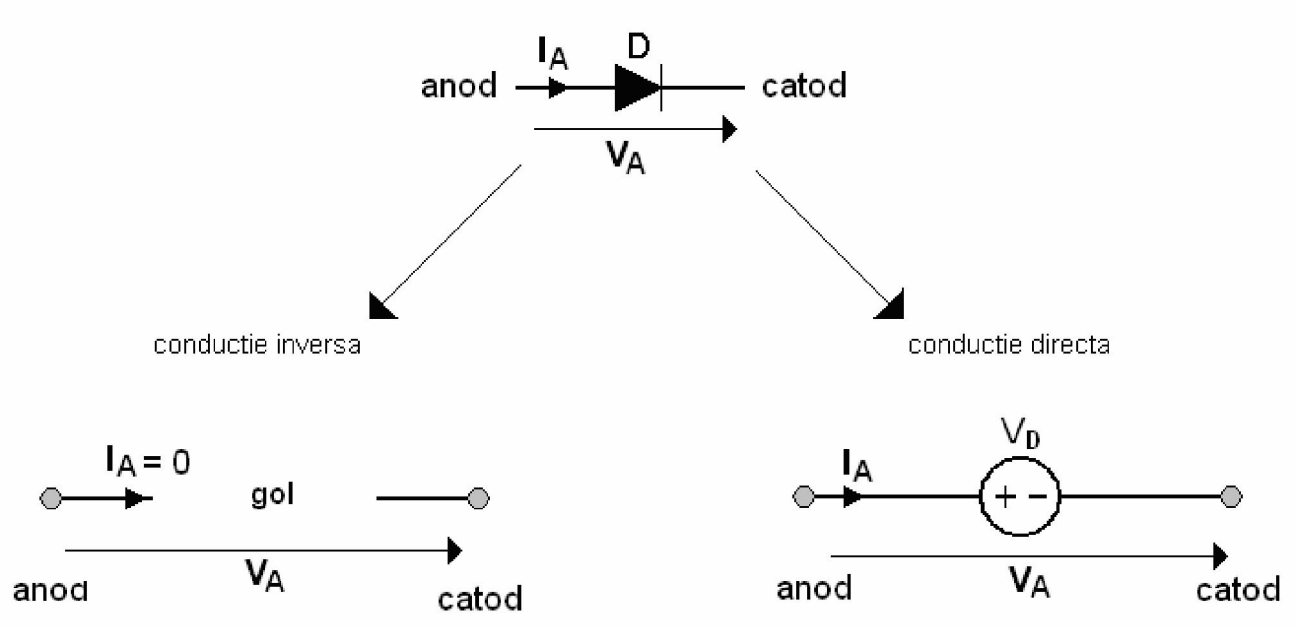
specifică explicit o altă valoare pentru parametrul $\mathbf{V_D}$, valoarea acestuia se consideră implicit ca fiind egală cu 0,6 volţi (pentru diodele realizate din Siliciu).

În cazul în care rezistenţa diodei în curent continuu $\mathbf{R_D}$ este mult mai mică decât rezistenţa **R** a rezistorului din circuit, rezistenţa $\mathbf{R_D}$ se poate neglija. Deoarece $\mathbf{R_D}$ este maxim de ordinul sutelor de ohmi, dacă în circuitul electronic în care este utilizată dioda, aceasta este înseriată cu un rezistor de rezistenţă **R** minim de ordinul kiloohmilor, $\mathbf{R_D}$ se va neglija (se va înlocui cu un fir).

În aplicaţiile prezentate în continuare, valoarea rezistenţei **R** se va lua mult mai mare decât $\mathbf{R_D}$ şi din acest motiv, $\mathbf{R_D}$ se va neglija în circuitul echivalent al diodei (**R** se va lua minim de oridinul kiloohmilor).

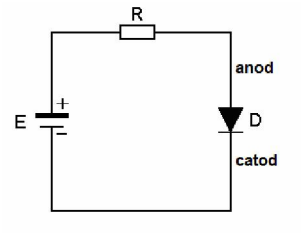
Dacă dioda funcţionează în conducţie inversă, comportamentul acesteia se poate modela prin intermediul unui gol – circuit întrerupt – între terminalele diodei.

În figura de mai jos sunt prezentate circuitele echivalente ale diodei semiconductoare utilizate în aplicaţii, în funcţie de regiunea de funcţionare.



Problema 4. Pentru figura de mai jos se consideră **E=5[V]**, **R=2,2[kΩ]**. **a**. Care este regiunea în care funcţionează dioda? **b**. Să se determine valoarea curentului continuu prin diodă. **c**. Să se calculeze valoarea rezistenţei de curent continuu a diodei. **d**. Să se calculeze valoarea rezistenţei de semnal mic a diodei la temperatura $T=25^0C$.

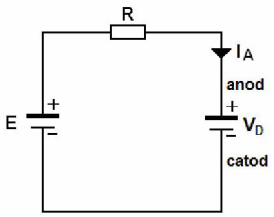
Exemple de probleme rezolvate pentru cursul 05 DEEA
Determinarea rezistenţelor diodei. Polarizarea diodelor



Rezolvare:

a. Deoarece singura sursă de alimentare din circuit este o sursă de tensiune continuă, dioda funcţionează în regim de curent continuu. În continuare, se observă că borna negativă a sursei de alimentare **E** se aplică direct pe catodul diodei, iar borna pozitivă a sursei de alimentare **E** se aplică pe anodul diodei, prin intermediul rezistorului **R**. În aceste condiţii, potenţialul electric aplicat pe anod are o valoare mai mare decât cel aplicat pe catod şi în consecinţă dioda funcţionează în regiunea de conducţie directă.

b. pentru calculul curentului continuu prin diodă, aceasta se înlocuieşte cu circuitul său echivalent în curent continuu, valabil în conducţie directă, în care $\mathbf{R_D}$ este neglijat, fiind înseriat cu Astfel, circuitul iniţial devine cel din figura de mai jos. **Atenţie! Sensul curentului electric prin diodă trebuie orientat de la anod spre catod, iar sursa de tensiune $\mathbf{V_D}$ care modelează comportamentul diodei trebuie să fie orientată cu borna pozitivă la anod, iar cea negativă la catod.** Dacă nu se respectă aceste convenţii, circuitul echivalent pe care se fac calculele în regim de curent continuu este greşit.



Circuitul echivalent de calcul al curentului continuu.

Relaţia matematică a curentului continuu se deduce aplicând teorema lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit formată; alegând pentru sensul de parcurgere al buclei sensul orar, rezultă:

$$R \cdot I_A + V_D - E = 0 \qquad \Rightarrow \qquad I_A = \frac{E - V_D}{R}$$

Deoarece pentru parametrul $\mathbf{V_D}$ nu s-a specificat explicit nicio valoare, pentru tensiunea de prag a diodei se adoptă valoarea $V_D = 0{,}6$ [V]:

$$\Rightarrow \qquad I_A = \frac{5[V] - 0{,}6[V]}{2.2[k\Omega]} = \frac{4{,}4[V]}{2{,}2[k\Omega]} = 2[mA]$$

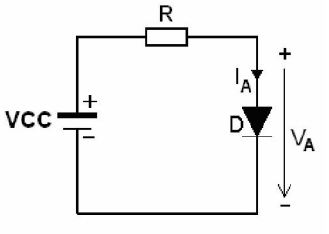
c. Rezistenţa de curent continuu a diodei se calculează cu relaţia de mai jos înc are s-a ţinut cont de faptul că tensiunea pe diodă $\mathbf{V_A}$ este egală cu tensiunea de prag a acesteia $\mathbf{V_D}$ ($\mathbf{V_A} = \mathbf{V_D}$):

$$R_D = \frac{V_A}{I_A} = \frac{V_D}{I_A} = \frac{0{,}6[V]}{2[mA]} = \frac{0{,}6}{2}[k\Omega] = 0{,}3[k\Omega] = 300[\Omega]$$

d. Rezistenţa de semnal mic a diodei se calculează cu relaţia:

$$r_d = \frac{V_T}{I_A} = \frac{25[mV]}{2[mA]} = 12{,}5[\Omega]$$

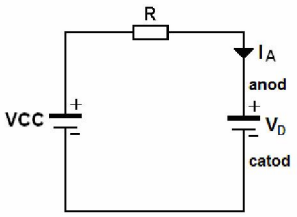
Problema 5: Se consideră circuitul din figura de mai jos. Să se determine valoarea curentului si a tensiunii prin/pe dioda semiconductoare **D,** ştiind că $\mathbf{V_{CC}=3[V]}$ este o sursă de tensiune continuă, **R=2[kΩ]** iar $\mathbf{V_D=0{,}6[V]}$.



Circuitul de polarizare al diodei semiconductoare.

Rezolvare:

Datorită sursei de tensiune continuă $\mathbf{V_{CC}}$, circuitul funcţionează în regim de curent continuu. Deoarece anodul diodei este conectat la borna pozitivă a sursei $\mathbf{V_{CC}}$, potenţialul electric din anodul diodei este superior celui din catod. Din acest motiv, dioda semiconductoare funcţionează în regiunea de conducţie directă. Pe baza acestor observaţii, rezultă că dioda semiconductoare **D** se poate înlocui cu circuitul echivalent valabil în curent continuu, valabil în regiunea de conducţie directă, prezentat în figura de mai jos. Cu această modificare, circuitul iniţial devine cel prezentat mai jos, circuit care urmează a fi utilizat pentru calculul Punctului Static de Funcţionare al diodei (PSF).

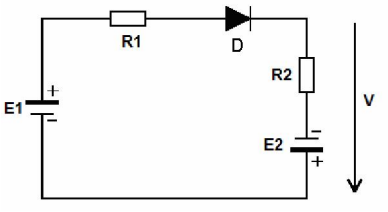


PSF-ul diodei este compus din perechea de mărimi electrice ($\mathbf{I_A}$, $\mathbf{V_A}$). În punctul Static de Funcţionare tensiunea pe diodă este egală cu tensiunea de prag $\mathbf{V_D=0{,}6[V]}$. Rămâne de calculat valoarea curentului continuu prin diodă în Punctul Static de Funcţionare, notat $\mathbf{I_A}$. Acesta se determină prin aplicarea teoremei lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit compusă din toate elementele circuitului:

$$R \cdot I_A + V_D - V_{CC} = 0 \quad \Rightarrow \quad I_A = \frac{V_{CC} - V_D}{R} \quad \Rightarrow \quad I_A = \frac{4[V] - 0{,}6[V]}{2[k\Omega]} = \frac{3{,}4[V]}{2[k\Omega]} = 1{,}7\frac{[V]}{[k\Omega]} = 1{,}7[mA]$$

Deci, PSF-ul diodei are valoarea (**1,7[mA]**, **0,6[V]**).

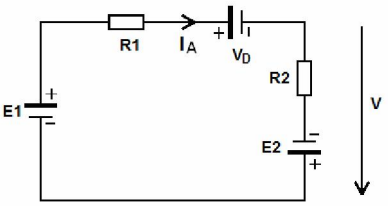
Problema 6. Pentru figura de mai jos se consideră **E1=10[V]**, **R1=4,7[kΩ]**, **E2=5[V]**, **R2=2,2[kΩ]**. Să se calculeze valoarea curentului continuu prin diodă şi valoarea tensiunii **V**.



Rezolvare:

Deoarece singurele surse de alimentare din circuit sunt surse de tensiune continuă, dioda funcţionează în regim de curent continuu. În cazul în care în circuit sunt 2 sau mai multe surse de tensiune continuă, nu se poate afirma cu certitudine care este regiunea în care dioda funcţionează. Din acest motiv, iniţial se presupune că dioda funcţionează în regiunea de conducţie directă şi apoi se calculează curentul continuu prin diodă, stabilit cu sensul de la anod spre catod. În cazul în care valoarea numerică a curentului calculat rezultă pozitivă, atunci presupunerea este adevărată, iar dioda funcţionează în regiunea de conducţie directă. În cazul în care valoarea numerică a curentului calculat rezultă negativă, atunci presupunerea este falsă, iar dioda funcţionează în regiunea de conducţie inversă.

Pentru calculul curentului continuu prin circuit, dioda se înlocuieşte cu circuitul său echivalent în curent continuu, în conducţie directă, iar circuitul iniţial devine cel din figura de mai jos.



Circuitul echivalent de calcul a curentului continuu.

Relaţia matematică a curentului continuu se deduce aplicând teorema lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit formată; alegând pentru sensul de parcurgere al buclei sensul orar, rezultă:

$$R_1 \cdot I_A + V_D + R_2 \cdot I_A - E_2 - E_1 = 0 \quad \Rightarrow \quad I_A = \frac{E_1 + E_1 - V_D}{R_1 + R_2}$$

Deoarece pentru tensiunea de prag $\mathbf{V_D}$ nu s-a specificat explicit nicio valoare, se adoptă valoarea V_D = 0,6 [V]

$$\Rightarrow \qquad I_A = \frac{10[V] + 5[V] - 0{,}6[V]}{4{,}7[k\Omega] + 2{,}2[k\Omega]} = \frac{14{,}4[V]}{6{,}9[k\Omega]} \cong 2{,}08[mA]$$

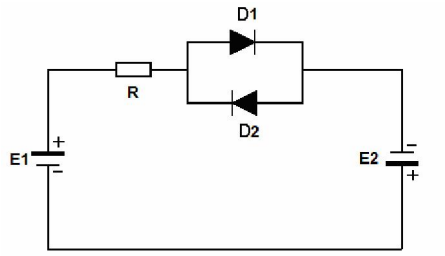
Valoarea curentului electric, cu sensul de la anod spre catod a rezultat pozitivă, deci presupunerea iniţială este corectă. În cazul în care valoarea curentului electric ar fi rezultat negativă, atunci dioda ar fi funcţionat în regiunea de conducţie inversă. În acest caz, curentul continuu prin diodă ar fi fost considerat zero, deaorece, atunci cînd funcţionează în conducţie inversă, dioda nu permite trecerea curentului electric prin ea.

Tensiunea **V** este tensiunea care cade pe elementele de circuit **R2** şi **E2**. Ţînînd cont de referinţele mărimilor electrice din circuit, tensiunea **V** se calculează cu relaţia:

$$V = R_2 \cdot I_A - E_2 = 2{,}2[k\Omega] \cdot 2{,}08[mA] - 5[V] = 4{,}57[V] - 5[V] = -0{,}43[V]$$

Semnul negativ al tensiunii **V** confirmă o dată în plus faptul că dioda funcţionează în conducţie directă, deoarece potenţialul negativ se aplică pe catodul acesteia.

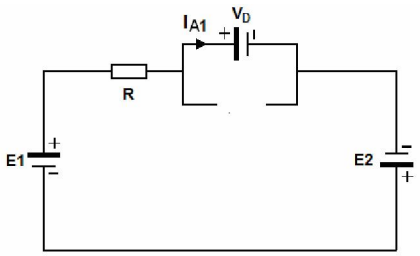
Problema 7. Pentru figura de mai jos se consideră **E1=15[V]**, **R=2,2[kΩ]**, **E2=4[V]**. Să se calculeze valoarea curentului continuu prin cele două diode.



Rezolvare:

Deoarece singurele surse de alimentare din circuit sunt surse de tensiune continuă, diodele funcţionează în regim de curent continuu. În continuare, se observă că borna minus a sursei **E2** este aplicată direct pe catodul lui **D1**, respectiv pe anodul lui **D2**. Din aceste motive, pentru această problemă se poate considera că **D1** funcţionează în regiunea de conducţie directă, iar **D2** în regiunea de conducţie inversă.

Dioda **D2** funcţionând în conducţie inversă, curentul electric prin ea este nul $\mathbf{I_{A2} = 0}$ [A]. Curentul prin **D1** se calculează pe circuitul echivalent de mai jos, în care cele 2 diode sunt înlocuite cu circuitele lor echivalente în regim de curent continuu, în funcţie de regiunea de funcţionare a acestora.



Circuitul echivalent de calcul a curentului continuu.

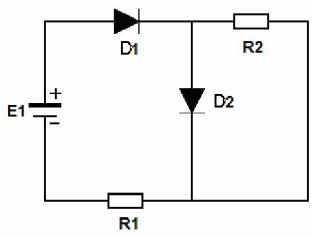
Relaţia matematică a curentului continuu prin **D1** se deduce aplicând teorema lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit formată; alegând pentru sensul de parcurgere al buclei sensul orar, rezultă:

$$R \cdot I_{A1} + V_D - E_2 - E_1 = 0 \qquad \Rightarrow \qquad I_{A1} = \frac{E_1 + E_1 - V_D}{R}$$

Deoarece pentru parametrul $\mathbf{V_D}$ nu s-a specificat explicit nicio valoare, se consideră $V_D = 0{,}6$ [V]

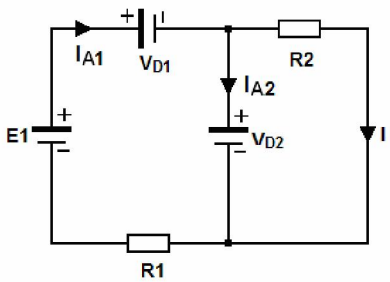
$$\Rightarrow \qquad I_{A1} = \frac{15[V] + 4[V] - 0{,}6[V]}{2{,}2[k\Omega]} = \frac{18{,}4[V]}{2{,}2[k\Omega]} \cong 8{,}36[mA]$$

Problema 7. Pentru figura de mai jos se consideră **E=20[V]**, **R1=4,7[kΩ]**, **R2=3,5[kΩ]**, iar parametrii diodelor sunt $\mathbf{V_{D1}=0{,}65[V]}$, respectiv $\mathbf{V_{D2}=0{,}7[V]}$. Să se calculeze valoarea curentului continuu prin cele 2 diode.



Rezolvare:

Deoarece singura sursă de alimentare din circuit este sursă de tensiune continuă, diodele funcţionează în regim de curent continuu. În continuare, se presupune că ambele diode funcţionează în regiunea de conducţie directă şi se calculează curenţii continui prin acestea, al căror sens este stabilit de la anod spre catod. În cazul în care valoarea numerică a curenţilor calculaţi rezultă pozitivi, atunci presupunerea este adevărată, iar diodele funcţionează într-adevăr în regiunea de conducţie directă. În cazul în care valoarea numerică a unui curent calculat rezultă negativă, atunci presupunerea este falsă, iar dioda respectivă funcţionează în regiunea de conducţie inversă, caz în care curentul prin aceasta este nul.



Circuitul echivalent de calcul a curentului continuu.

Aplicând teorema lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit formată din elementele **R2** şi **VD2**, alegând pentru sensul de parcurgere al buclei respective sensul orar, rezultă:

$$R_2 \cdot I - V_{D2} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad I = \frac{V_{D2}}{R_2} \qquad \Rightarrow \qquad I = \frac{0{,}7[V]}{3{,}5[k\Omega]} = 0{,}2[mA]$$

Aplicând teorema lui Kirkhoff 2 pe bucla de circuit formată din elementele **VD1, VD2, R1** şi **E**, alegând pentru sensul de parcurgere al buclei respective sensul orar, rezultă:

$$V_{D1} + V_{D1} + R_1 \cdot I_{A1} - E = 0 \qquad \Rightarrow \qquad I_{A1} = \frac{E - (V_{D1} + V_{D2})}{R_1} \Rightarrow$$

$$I_{A1} = \frac{20[V] - (0{,}65[V] + 0{,}7[V])}{4{,}7[k\Omega]} = \frac{18{,}65[V]}{4{,}7[k\Omega]} = \frac{18{,}65}{4{,}7}[mA] \cong 3{,}96[mA]$$

Atenţie! Curentul prin **R1** nu este **I**, ci $\mathbf{I_{A1}}$. Curentul **I** circulă numai prin ramura compusă dintr-un singur element şi anume **R2**. Datorită nodurilor de circuit superior, respectiv inferior, pe ramura **R1, E, VD1** curentul este $\mathbf{I_{A1}}$, diferit de **I**.

Aplicând teorema lui Kirkhoff 1 în nodul superior, rezultă:

$$I_{A1} = I_{A2} + I \qquad \Rightarrow \qquad I_{A2} = I_{A1} - I \qquad \Rightarrow \qquad I_{A2} = 3{,}96[mA] - 0{,}2[mA] = 3{,}76[mA]$$