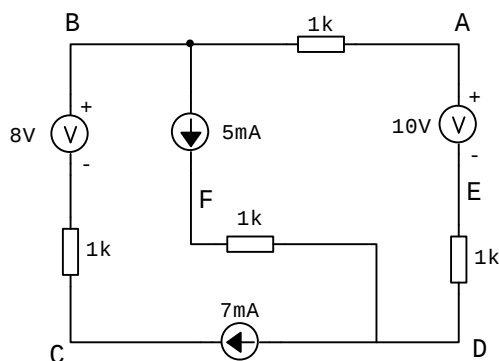


1. Justificați introducerea rezistenței interne de emitor r_e în modelul de semnal mic al tranzistorului bipolar și deduceți expresia acesteia.

Cu o bună aproximație tranzistorul bipolar poate fi modelat cu o sursă ideală de curent ce produce curentul de colector I_C , sursa fiind comandată de tensiunea bază-emitor V_{BE} după legea $I_C = I_{CS} e^{V_{BE}/V_T}$. I_{CS} este o constantă a tranzistorului iar potențialul termic V_T este determinat de constanta Boltzman, sarcina elementară și temperatura joncțiunii (în K) prin relația $V_T = k_B \cdot T / e$. Dependența $I_C(V_{BE})$ este asemănătoare caracteristicii statice a diodei. Pentru variații mici în jurul unui punct static de funcționare, o primă aproximație ar fi $\Delta V_{BE} = 0$ ($V_{BE} = \text{const.}$) dar aceasta este insuficient de precisă pentru calculul circuitelor cu tranzistoare. Aproximația de ordinul 1 (aproximarea porțiunii de grafic cu un segment de linie dreaptă) $\Delta I_C = \frac{dI_C}{dV_{BE}} \cdot \Delta V_{BE}$ conduce la $\Delta V_{BE} = \frac{V_T}{I_{CQ}} \cdot \Delta I_C$, unde I_{CQ} este valoarea curentului de colector în jurul căreia se efectuează variațiile. Cum $I_E \cong I_C$, variațiile ΔV_{BE} ale tensiunii bază-emitor pot fi puse pe seama trecerii variațiilor ΔI_E printr-o rezistență r_e cu valoarea V_T / I_{CQ} . Includerea lui r_e în modelul de semnal mic este necesară pentru producerea variațiilor tensiunii bază-emitor, **variații care nu pot fi neglijate**.

2. În circuitul din schema alăturată potențialul nodului A este nul. Determinați potențialele celorlalte noduri (B, C, D, E și F) și curenții prin laturi.



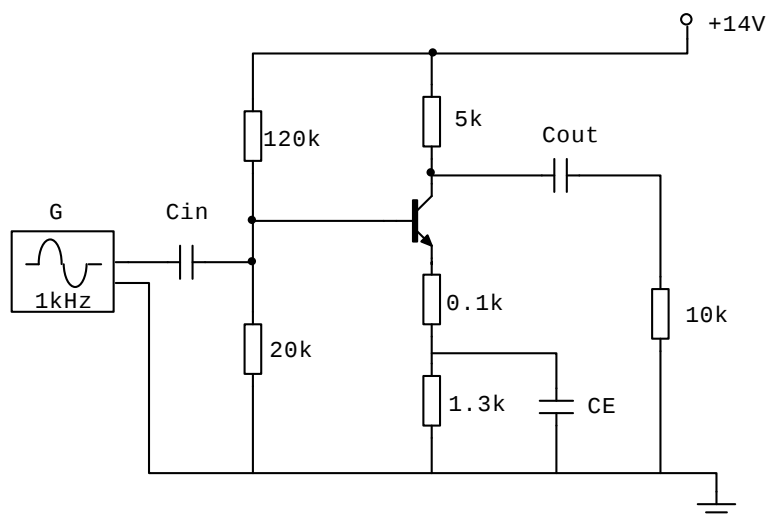
Curentul prin ramura BAD este de 2 mA, de la B la D. Potențialul în E este -10 V, mai scade cu 2 V la trecerea prin rezistența, potențialul în D este -12 V. Potențialul în F este cu 5 V mai ridicat, deci este -7 V. În B potențialul este cu 2 V mai ridicat decât în A, deci este 2 V. Nodul C se găsește la potențialul lui B din care scădem 8 V (sursa de tensiune) și la care adunăm 7 V (tensiunea pe rezistență). În concluzie, potențialul lui C este 1 V.

3. Pentru amplificatorul din figură

a) Calculați potențialele și curenții de repaus. Curentul de bază poate fi neglijat în comparație cu cei prin divizorul rezistiv.

b) Considerând neglijabile impedanțele condensatoarelor la frecvența de lucru, calculați amplificarea de tensiune a amplificatorului.

c) Pentru $\beta = 200$ estimați impedanța de intrare a amplificatorului și valoarea tensiunii de ieșire dacă generatorul de semnal are tensiunea în gol de 50 mV și impedanța internă de 10 k Ω .

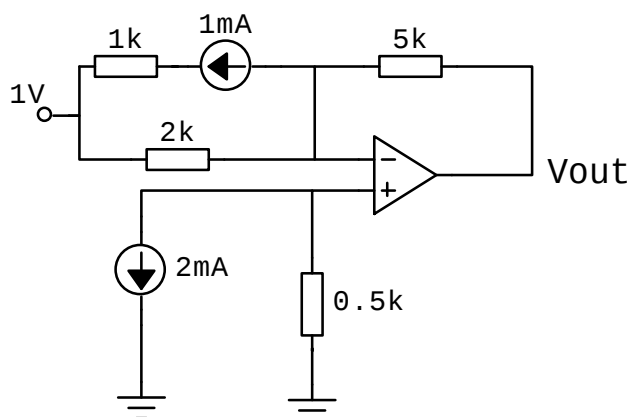


a) Potențialul bazei 2 V, potențialul emitorului 1,4 V. curentul de colector 1 mA, potențialul colectorului 9 V

b) rezistența echivalentă în colector 3,33 k Ω , rezistența dinamică a emitorului 25 Ω , amplificarea -26,7.

c) Z_{inB} este 25 k Ω , Z_{in} este 10,2 k Ω , tensiunea de ieșire 952 mV.

4. Amplificatorul operațional din circuitul alăturat este ideal. Determinați valoarea tensiunii de ieșire.

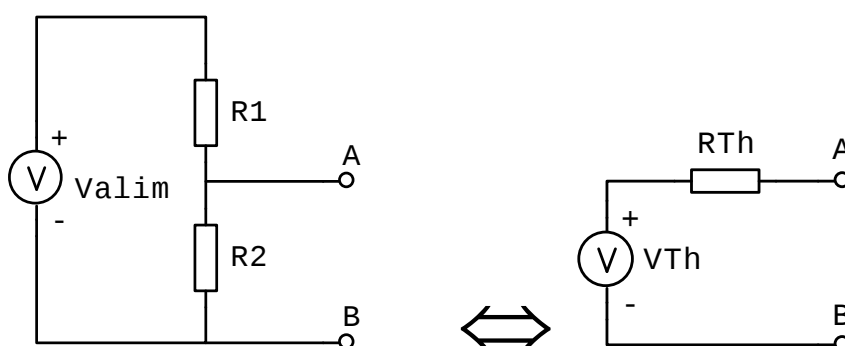


Potențialul intrării neînversoare este de -1 V și este egal cu cel al intrării înversoare. În consecință, prin rezistența de 2 k Ω circulă un curent de 1 mA, spre dreapta. Din legea curenților aplicată la nodul intrării înversoare rezultă un curent nul prin rezistența de reacție. În consecință, potențialul ieșirii este de -1 V.

1. Enunțați teorema Thèvenin și aplicați-o în cazul unui divizor de tensiune rezistiv.

Un circuit liniar accesibil la două borne este echivalent cu o sursă ideală de tensiune legată în serie cu o rezistență. Valoarea sursei de tensiune V_{Th} este egală cu valoarea tensiunii la borne în gol iar valoarea rezistenței R_{Th} este $R_{Th} = \frac{V_{Th}}{I_{sc}}$, unde I_{sc} este curentul de scurtcircuit la bornele circuitului.

Echivalența celor două circuite înseamnă ca orice am conecta la bornele de acces valorile tensiunii și curentului vor fi aceleași pentru ambele circuite (care nu pot fi deosebite prin astfel de experimente).



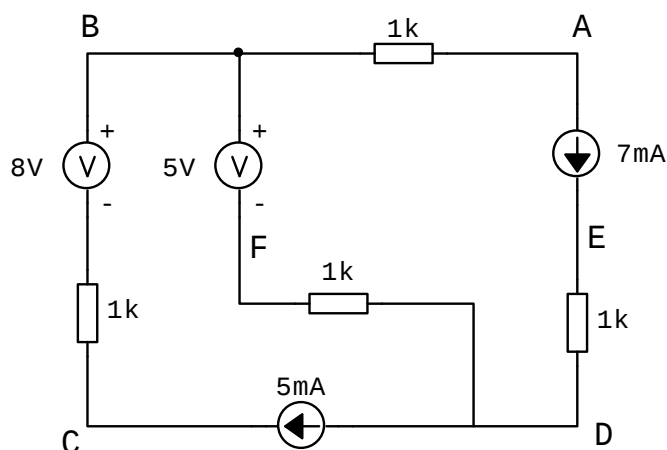
Circuitul format dintr-o sursă de alimentare cu tensiunea V_{alim} și două rezistențe R_1 și R_2 legate ca în figură produce la bornele AB ale rezistenței R_2 o tensiune ce poate fi utilizată pentru alimentarea altor circuite. Bornele de ieșire ale divizorului sunt, deci, bornele lui R_2 .

În gol (adică fără altceva conectat între borne), tensiunea este $V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{alim}$. În condiții de scurtcircuit, rezistența R_2 este scurtcircuitată și prin firul care face scurtcircuitul curentul este $I_{sc} = \frac{V_{alim}}{R_1}$. De aici obținem rezistența Thevenin a circuitului,

$$R_{Th} = \frac{V_{alim} R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{R_1}{V_{alim}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

2. În circuitul din schema alăturată potențialul nodului A este nul. Determinați potențialele celorlalte noduri (B, C, D, E și F) și curenții prin laturi.

Legea curenților aplicată la nodul D conduce la un curent de 2 mA care circulă de la D la B. Potențialul lui B este cu 7 V mai mare decât cel din punctul A, deci este 7 V. De aici decucem potențialul lui F, care este 2 V. Potențialul lui



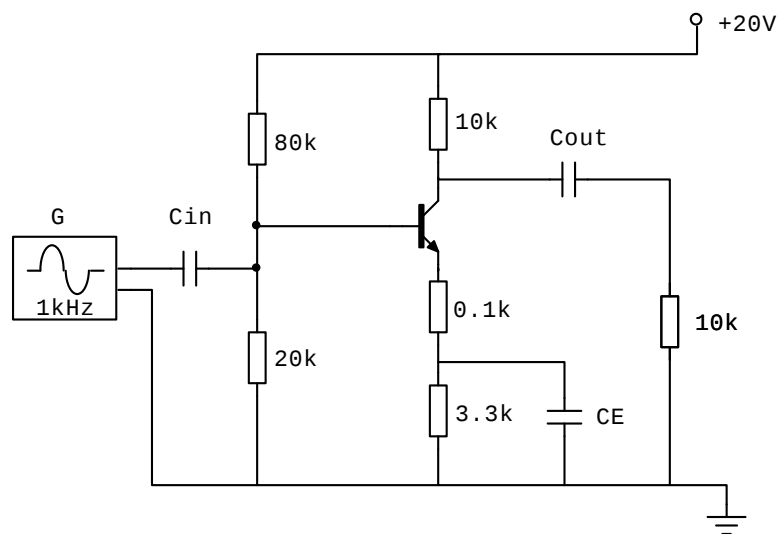
D este cu 2 V mai sus (tensiunea pe rezistorul de 1 k Ω), deci este 4 V. Pentru calculul potențialului lui B pornim din A și obținem 7 V. De aici pînă în C coborîm cu 8 V (sursa de tensiune) și urcăm cu 5 V (tensiunea pe rezistența de 1 k Ω). Astfel, potențialul în C este de 4 V.

3. Pentru amplificatorul din figură

a) Calculați potențialele și curenții de repaus. Curentul de bază poate fi neglijat în comparație cu cei prin divizorul rezistiv.

b) Considerînd neglijabile impedanțele condensatoarelor la frecvența de lucru. calculați amplificarea de tensiune a amplificatorului.

c) Pentru $\beta = 300$ estimați impedanța de intrare a amplificatorului și valoarea tensiunii de ieșire dacă generatorul de semnal are tensiunea în gol de 100 mV și impedanța internă de 20 k Ω .

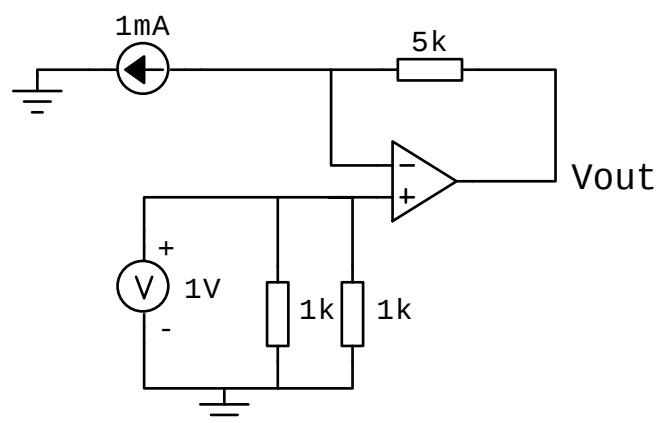


a) Potențialul bazei 4 V, potențialul emitorului 3,4 V. curentul de colector 1 mA, potențialul colectorului 10 V

b) rezistența echivalentă în colector 5 k Ω , rezistența dinamică a emitorului 25 Ω , amplificarea -40.

c) ZinB este 37.5 k Ω , Zin este 11,2 k Ω , tensiunea de ieșire 2610 mV.

4. Amplificatorul operațional din circuitul alăturat este ideal. Determinați valoarea tensiunii de ieșire.



Potențialul intrării neinversoare este fixat de sursa de tensiune la 1 V. Potențialul intrării inversoare are aceeași valoare. Curentul sursei de 1 mA sosește integral prin rezistența de reacție. Astfel potențialul ieșirii este 1V+5V=6 V.

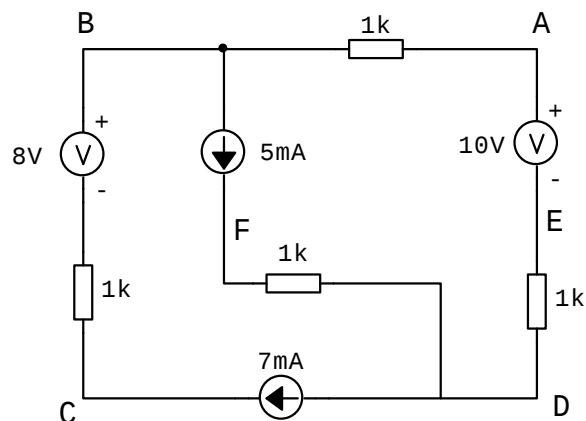
1. Justificați introducerea rezistenței interne de emitor r_e în modelul de semnal mic al tranzistorului bipolar și deduceți expresia acesteia.

Cu o bună aproximație tranzistorul bipolar poate fi modelat cu o sursă ideală de curent ce produce curentul de colector I_C , sursa fiind comandată de tensiunea bază-emitor V_{BE} după legea $I_C = I_{CS} e^{V_{BE}/V_T}$. I_{CS} este o constantă a tranzistorului iar potențialul termic V_T este determinat de constanta Boltzman, sarcina elementară și temperatura joncțiunii (în K) prin relația $V_T = k_B \cdot T / e$. Dependența $I_C(V_{BE})$ este asemănătoare caracteristicii statice a diodei. Pentru variații mici în jurul unui punct static de funcționare, o primă aproximație ar fi $\Delta V_{BE} = 0$ ($V_{BE} = \text{const.}$) dar aceasta este insuficient de precisă pentru calculul circuitelor cu tranzistoare. Aproximația de ordinul 1 (aproximarea porțiunii de grafic cu un segment de linie dreaptă) $\Delta I_C = \frac{dI_C}{dV_{BE}} \cdot \Delta V_{BE}$ conduce la $\Delta V_{BE} = \frac{V_T}{I_{CQ}} \cdot \Delta I_C$, unde I_{CQ} este valoarea curentului

de colector în jurul căreia se efectuează variațiile. Cum $I_E \cong I_C$, variațiile ΔV_{BE} ale tensiunii bază-emitor pot fi puse pe seama trecerii variațiilor ΔI_E printr-o rezistență r_e cu valoarea V_T / I_{CQ} . Includerea lui r_e în modelul de semnal mic este necesară pentru producerea variațiilor tensiunii bază-emitor, **variații care nu pot fi neglijate.**

2. În circuitul din schema alăturată potențialul nodului A este nul. Determinați potențialele celorlalte noduri (B, C, D, E și F) și curenții prin laturi.

Curentul prin ramura BAD este de 2 mA, de la B la D. Potențialul în E este -10 V, mai scade cu 2 V la trecerea prin rezistența, potențialul în D este -12 V. Potențialul în F este cu 5 V mai ridicat, deci este -7 V. În B potențialul este cu 2 V mai ridicat decât în A, deci este 2 V. Nodul C se găsește la potențialul lui B din care scădem 8 V (sursa de tensiune) și la care adunăm 7 V (tensiunea pe rezistența). În concluzie, potențialul lui C este 1 V.

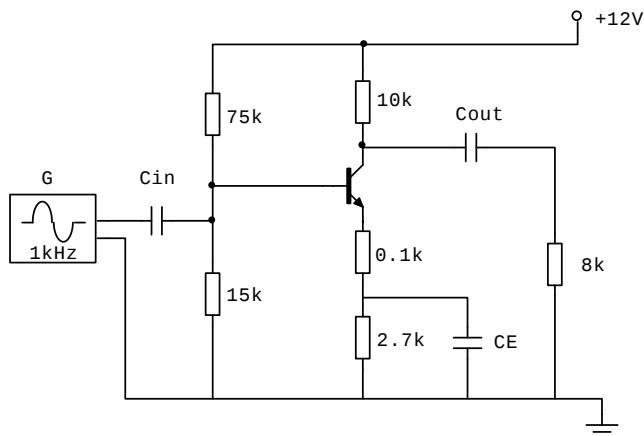


3. Pentru amplificatorul din figură

a) Calculați potențialele și curenții de repaus. Curentul de bază poate fi neglijat în comparație cu cei prin divizorul rezistiv.

b) Considerând neglijabile impedanțele condensatoarelor la frecvența de lucru, calculați amplificarea de tensiune a amplificatorului.

c) Pentru $\beta = 200$ estimați impedanța de intrare a amplificatorului și valoarea tensiunii de ieșire dacă generatorul de semnal are tensiunea în gol de 100 mV și impedanța internă de 20 k Ω

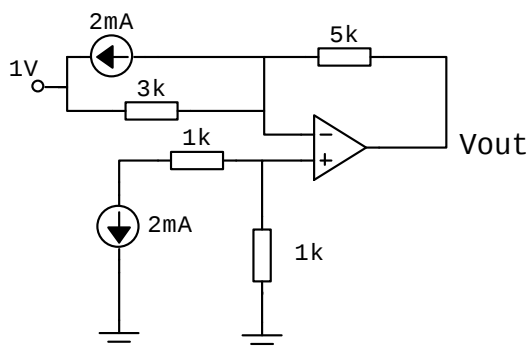


a) Potențialul bazei 2 V, potențialul emitorului 1,4 V. curentul de colector 0,5 mA, potențialul colectorului 7 V

b) rezistența echivalentă în colector 4,44 k Ω , rezistența dinamică a emitorului 50 Ω , amplificarea -29,6.

c) Z_{inB} este 30 k Ω , Z_{in} este 8,82 k Ω , tensiunea de ieșire 1780 mV.

4. Amplificatorul operațional din circuitul alăturat este ideal. Determinați valoarea tensiunii de ieșire.

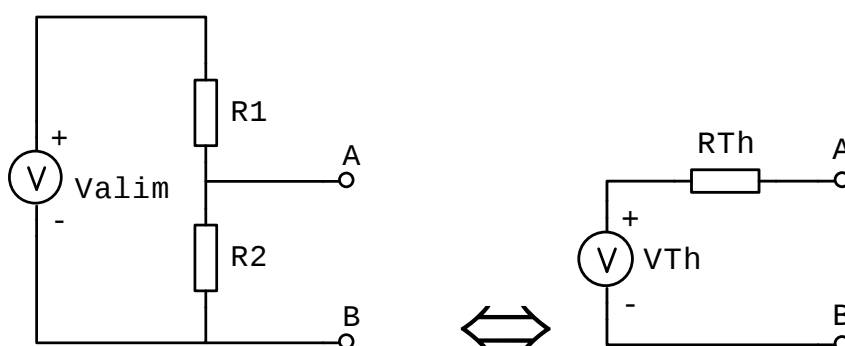


Curentul sursei de 2 mA sosește prin rezistențele de 1 k Ω . În consecință, potențialul intrării neinversoare este de -2V, egal cu cel al intrării inversoare. Astfel, prin rezistorul de 3 k Ω trece un curent de 1 mA, spre dreapta. Legea curenților la nodul intrării inversoare conduce la un curent de 1 mA prin rezistorul de reacție, de la dreapta la stînga. În concluzie, potențialul ieșirii este -2 V + 5 V = 3 V.

1. Enunțați teorema Thèvenin și aplicați-o în cazul unui divizor de tensiune rezistiv.

Un circuit liniar accesibil la două borne este echivalent cu o sursă ideală de tensiune legată în serie cu o rezistență. Valoarea sursei de tensiune V_{Th} este egală cu valoarea tensiunii la borne **în gol** iar valoarea rezistenței R_{Th} este $R_{Th} = \frac{V_{Th}}{I_{sc}}$, unde I_{sc} este curentul de scurtcircuit la bornele circuitului.

Echivalența celor două circuite înseamnă ca orice am conecta la bornele de acces valorile tensiunii și curentului vor fi aceleași pentru ambele circuite (care nu pot fi deosebite prin astfel de experimente).



Circuitul format dintr-o sursă de alimentare cu tensiunea V_{alim} și două rezistențe R_1 și R_2 legate ca în figură produce la bornele AB ale rezistenței R_2 o tensiune ce poate fi utilizată pentru alimentarea altor circuite. Bornele de ieșire ale divizorului sunt, deci, bornele lui R_2 .

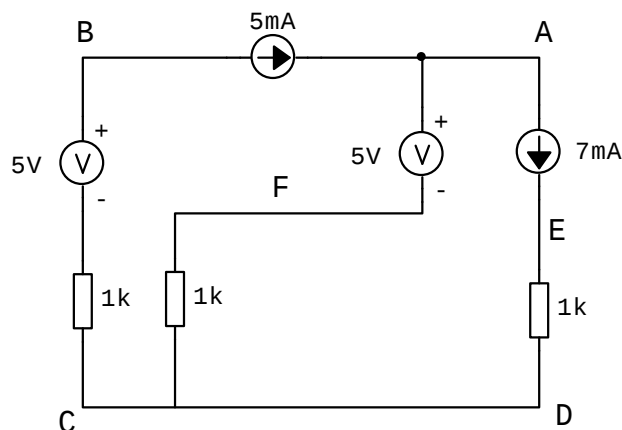
În gol (adică fără altceva conectat între borne), tensiunea este $V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{alim}$. În condiții

de scurtcircuit, rezistența R_2 este scurtcircuitată și prin firul care face scurtcircuitul curentul este $I_{sc} = \frac{V_{alim}}{R_1}$. De aici obținem rezistența Thevenin a circuitului,

$$R_{Th} = \frac{V_{alim} R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{R_1}{V_{alim}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

2. În circuitul din schema alăturată potențialul nodului A este nul. Determinați potențialele celorlalte noduri (B, C, D, E și F) și curenții prin laturi.

Legea curenților aplicată la nodul A conduce la un curent de 2 mA de la C spre A. Potențialul lui F este cu 5 V mai coborât decât cel al lui A, deci este -5 V. Punctele C și D sunt, de fapt, un același nod, cu potențialul mai mare cu 2 V (tensiunea pe rezistorul de 1 kΩ)



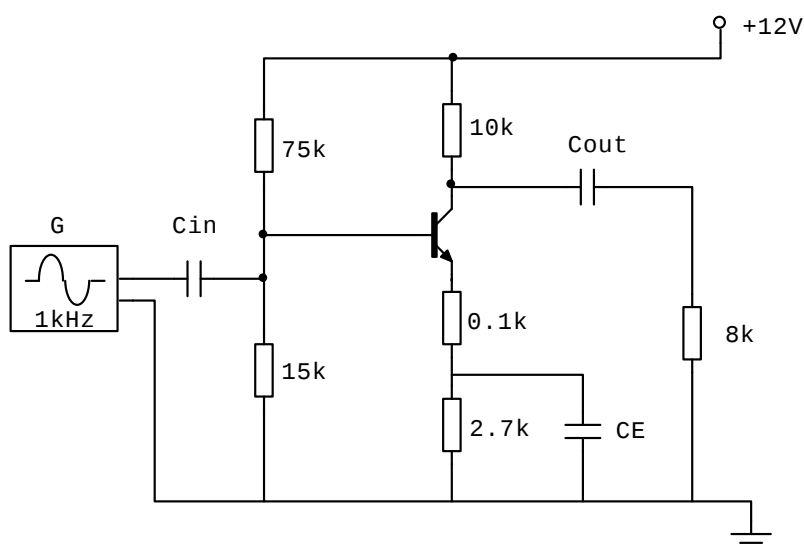
decît cea a nodului F, adică -3 V. De aici aflăm potențialul nodului E (cu 7 V mai ridicat), adică 4 V. Rămîne de calculat potențialul nodului B, pornind de la nodul B. Coborîm cu 5 V (căderea de tensiune pe rezistență) și urcăm cu 5 V (sursa de tensiune). În final, potențialul lui B este $-3\text{ V} - 5\text{ V} + 5\text{ V} = -3\text{ V}$.

3. Pentru amplificatorul din figură

a) Calculați potențialele și curenții de repaus. Curentul de bază poate fi neglijat în comparație cu cei prin divizorul rezistiv.

b) Considerînd neglijabile impedanțele condensatoarelor la frecvența de lucru, calculați amplificarea de tensiune a amplificatorului.

c) Pentru $\beta = 300$ estimați impedanța de intrare a amplificatorului și valoarea tensiunii de ieșire dacă generatorul de semnal are tensiunea în gol de 100 mV și impedanța internă de 20 k Ω .

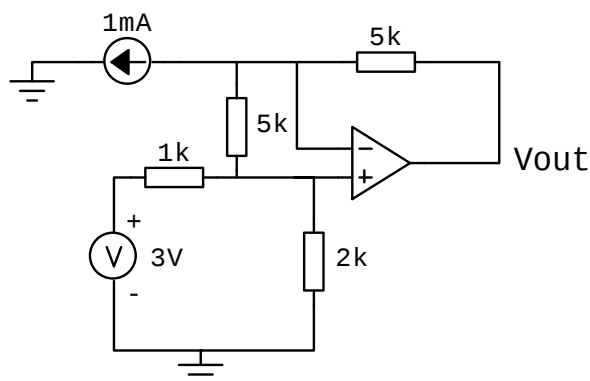


a) Potențialul bazei 2 V, potențialul emitorului 1,4 V. curentul de colector 0,5 mA, potențialul colectorului 7 V

b) rezistența echivalentă în colector 4,44 k Ω , rezistența dinamică a emitorului 50 Ω , amplificarea -29,6.

c) Z_{inB} este 45 k Ω , Z_{in} este 9,78 k Ω , tensiunea de ieșire 2050 mV.

4. Amplificatorul operațional din circuitul alăturat este ideal. Determinați valoarea tensiunii de ieșire.



La nodul intrării neinversoare avem conectate (în afară de intrarea AO) trei ramuri. Ar trebui să scriem legea curenților cu trei termeni dar rezistorul de 5 k Ω este conectat între intrările AO, intrări care se ădesc la potențiale egale. În consecință, prin acest rezistor **nu circulă curent și el poate fi ignorat în analiza circuitului**. Cu acestea, rezistențele de 2 k Ω și 1 k Ω sunt parcurse de același curent, de unde rezultă potențialul intrării inversoare egal cu 2 V. Acesta este și potențialul intrării inversoare. Curentul sursei de 1 mA sosește integral prin rezistorul de reacție, pe care produce o tensiune de 5 V. De aici ajungem la potențialul ieșirii, egal cu $2\text{ V} + 5\text{ V} = 7\text{ V}$.