Explore the World with a New Vision...

Advanced Level Examination

PHYSICS

Electronics

ඉලෙක්ට්‍රොනික විද්‍යාව

Unit 09
Part I

සැකසුම : සමිත රත්නායක

අර්ධ සන්නායක හා දියෝඩ [SEMICONDUCTORS & DIODES]

සන්නායක (Conductors)

කාමර උෂ්ණත්වය යටතේ දී සියළුම පරමාණු පාහේ අයනීකරණය වූ ද්‍රව්‍ය සන්නායක ලෙස හැඳින්වේ. නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන විශාල වශයෙන් පවතින බැවින් පහසුවෙන් විදුලි ධාරාවක් ඇති කළ හැකිය. (ප්‍රතිරෝධකතාව $10^{-3}\ \Omega m$ ට වඩා අඩුය.)

පරිවාරක (Insulators)

කාමර උෂ්ණත්වය යටතේ දී පරමාණු අයනීකරණය නොවූ (හෝ ඉතා අල්ප වශයෙන් අයනීකරණය වූ) ද්‍රව්‍ය පරිවාරකයි. නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන නොමැති බැවින් විදුලි ධාරාවක් ඇති කළ නොහැකිය. (ප්‍රතිරෝධකතාව $10^{5}\Omega m$ ට වඩා වැඩිය.)

අර්ධ සන්නායක (Semiconductors)

කාමර උෂ්ණත්වය යටතේ දී යම් ප්‍රමාණයක් පරමාණු අයනීකරණය වූ ද්‍රව්‍ය අර්ධ සන්නායක ලෙස හැඳින්වේ. මේවා විදුලි ගැලීමේ දී සන්නායක වලටත් පරිවාරකවලටත් අතරමැදි ගුණ පෙන්වයි. (ප්‍රතිරෝධකතාව $10^{-3}\ \Omega m$ සිට $10^{5}\ \Omega m$ දක්වා වේ.)

උදා:- ජ'මේනියම් (Ge) , සිලිකන් (Si)

- ඕනෑම ඝන ද්‍රව්‍යයක පරමාණුක සාන්ද්‍රණය (atomic density) $10^{23}\ cm^{-3}$ ඝනයේ පවතී.

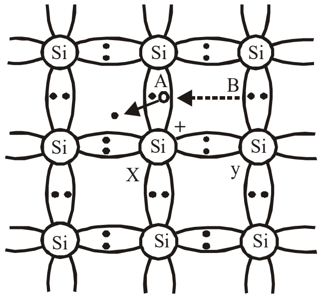
  ❶ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී තඹ වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය $10^{22}\ cm^{-3}$ පමණ වේ. තඹ හොඳ විද්‍යුත් සන්නායකයකි.
  ❷ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී සිලිකන් වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය $10^{10}\ cm^{-3}$ පමණ වේ. -සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයකි.
  ❸ කාමර උෂ්ණත්වයේ දී ක්වාට්ස් වල නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන සාන්ද්‍රණය $1\ cm^{-3}$ ටත් වඩා අඩුය. ක්වාට්ස් විද්‍යුත් පරිවාරකයකි.

- සන්නායකවල උෂ්ණත්වය වැඩි කල විට විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව අඩුවන බැවින් ප්‍රතිරෝධකතාවේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය (+) වේ.අර්ධ සන්නායක වල (හා පරිවාරකවල ඉතා සුළු වශයෙන්) උෂ්ණත්වය වැඩි කල විට විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව වැඩිවන බැවින් ප්‍රතිරෝධකතාවේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය (–) වේ.

නිසඟ අර්ධ සන්නායක (Intrinsic semiconductors)

සම්පූර්ණයෙන්ම සංශුද්ධ තත්වයේ පවත්නා අර්ධ සන්නායක නිසඟ අර්ධ සන්නායක ලෙස හැඳින්වේ. මේවා ආවර්තිතා වගුවේ IV වන කාණ්ඩයට අයත් බැවින් සෑම පරමාණුවක්ම තවත් පරමාණු හතරක් සමඟ සහ සංයුජ බන්ධන සාදා ගත් ත්‍රිමාන දැලිස් ස්වරූපයෙන් පවතී. (පහසුව සඳහා ඉදිරියේ දී මේවායේ ද්විමාන ආකාරය පමණක් සලකා බැලේ)

ජනනය වීමේ ක්‍රියාවලිය (Generation process)



නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් තුල ඇති ඇතැම් පරමාණු පරිසරයේ ඇති තාප ශක්තියේ බලපෑම යටතේ අයනීකරණය වේ. A වැනි ස්ථානයක තිබූ බන්ධන ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් නිදහස් තත්වයට පත් වූයේ යැයි සිතන්න.

මෙවිට නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝනයක් බිහිවන අතර A හි ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ඍණතාවක් ඇති වේ. තවද A හි තිබූ ඉලෙක්ට්‍රෝනය අයත්ව පැවති x නම් Si පරමාණුව (+) අයනයක් බවට පත් වේ. A හි බිහිවූ මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝනයක ඍණතාව 'කුහරයක්' ලෙස හැඳින් වේ.

B වැනි ස්ථානයක ඇති බන්ධන ඉලෙක්ට්‍රෝනයකින් A හි තිබෙන කුහරය වැසී ගියේ යැයි සිතන්න. මෙවිට B හි නව කුහරයක් බිහිවේ. තවද x නම් Si (+) අයනය නැවත උදාසීන පරමාණුවක් බවට පත් වී y නම් Si පරමාණුව (+) අයනයක් බවට පත් වේ.

මෙහි සමස්ථ ක්‍රියාවලිය (+) ආරෝපණයක් රැගත් කුහරය A සිට B ට ගමන් කිරීමක් බඳුය.

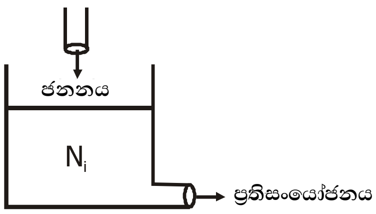
මේ අනුව කුහර (+) ආරෝපණ වාහක ලෙස සැලකේ.

ප්‍රතිසංයෝජනය වීමේ ක්‍රියාවලිය
(Recombining process)

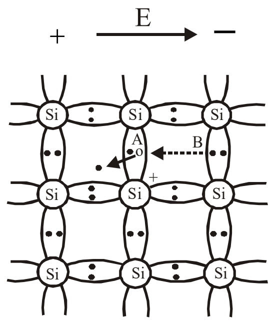
නිසඟ වාහක සාන්ද්‍රණය (N_i)
(Intrinsic carrier density)

- දෙන ලද උෂ්ණත්වයක දී ජනනය වීමේ ක්‍රියාවලියේ සීඝ්‍රතාවත් ප්‍රතිසංයෝජනය වීමේ ක්‍රියාවලියේ සීඝ්‍රතාවත් සමාන බැවින් N_i නියතයකි.

- නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක උෂ්ණත්වය වැඩි කළ හොත් ජනනය වීමේ ක්‍රියාවලියේ සීඝ්‍රතාවය වැඩි වීම නිසා N_i වැඩිවේ.

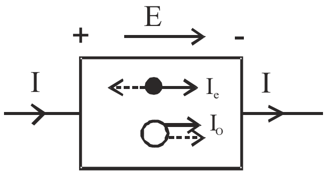
- 

නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් හරහා විභව අන්තරයක් යෙදීම
(Applying a potential difference across a intrinsic semiconductor)



මෙවිට විභව අනුක්‍රමණයක් ද එනයින් ක්ෂේත්‍ර තීව්‍රතාවක් ද හටගනී. උක්ත ක්ෂේත්‍රය හේතුවෙන් සියළු ආරෝපණ මත බල ඇති වේ. එම බල යටතේ නිදහස් e, ක්ෂේත්‍රයට විරුද්ධ දිශාවට ගමන් කරයි.

A වැනි ස්ථානයක ඇති කුහරයක් යාබද බන්ධන e කින් වැසී යන්නේ යැයි සිතමු. ඉහත ක්ෂේත්‍රයේ බලපෑම නිසා එම බන්ධන e ය පැවතීමට වැඩි ඉඩකඩක් ඇත්තේ A ට දකුණු පසින් වූ B වැනි ස්ථානයක ය. මෙවිට A හි කුහරය වැසී ගොස් B හි නව කුහරයක් හට ගනී. මින් පෙනී යන්නේ ධන ආරෝපණ වාහක වන කුහර, ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව ඔස්සේ ගමන් ගන්නා බව යි.



e මගින් ඇති වන ධාරාව = I_e
කුහර මගින් ඇති වන ධාරාව = I_O
සම්මත ධාරා එකම දිශාවට ඇති වන බැවින් ,

$$I = I_e + I_O$$

බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක (Extrinsic semiconductors)

සන්නායක හා සැසඳීමේ දී නිසඟ අර්ධ සන්නායකවල ආරෝපණ වාහක සාන්ද්‍රණය ඉතා අල්ප බැවින් ඒවා විදුලිය ගැලීම අතින් අතිශය දුර්වල වේ. එහෙත් පාලිත තත්ත්ව යටතේ සුදුසු මූලද්‍රව්‍ය පරමාණු , නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් හා එක් කිරීමෙන් පාලනයකින් යුක්තව එහි විදුලිය ගැලීමේ හැකියාව වැඩි කළ හැකි ය. මෙසේ සාදාගත් නව අර්ධ සන්නායක ''බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක'' ලෙස හැඳින්වේ.

නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් සමඟ වෙනත් මූලද්‍රව්‍ය පරමාණු එක් කිරීමේ ක්‍රියාවලිය 'මාත්‍රණය' (doping) ලෙසත් එක් කරනු ලබන නව මූලද්‍රව්‍ය 'ආගන්තුක ද්‍රව්‍ය' හෙවත් 'අශුද්ධ' ද්‍රව්‍ය (impurities) ලෙසත් මෙහි දී යොදා ගනු ලබන අනුපාතය 'මාත්‍රණ මට්ටම' (doping level) ලෙසත් හැඳින්වේ.

උදා:- 1 ppm (one part per million) - නිසඟ අර්ධ සන්නායක පරමාණු මිලියනයකට අශුද්ධ පරමාණු එකක්.

බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක දෙවර්ගයකි.

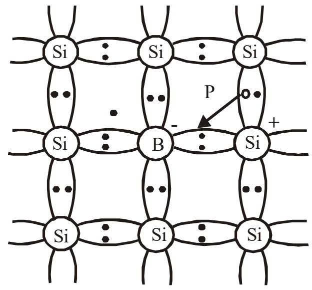
❶ p වර්ගය ❷ n වර්ගය

p වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක
(p-type extrinsic semiconductors)

IV වන කාණ්ඩයේ නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් III වන කාණ්ඩයේ මූලද්‍රව්‍යයක් මගින් මාත්‍රණය කිරීමෙන් මෙම වර්ගය සාදා ගැනේ.

Si , B මගින් මාත්‍රණය කරන අවස්ථාවක් සලකන්න.

Si පරමාණු විශාල ප්‍රමාණයක් තුලට එක් B පරමාණුවක් පමණක් එකතු කරන බැවින් Si හි ස්ඵටික ව්‍යුහය තුළ Si පරමාණුවක් ලෙසම හැසිරීමට B ට සිදු වේ. එහෙත් යාබද Si පරමාණු 4ක් සමඟ සහ සංයුජ බන්ධන 4ක් සාදා ගැනීම සඳහා B සතුව සිය අවසාන කවචයේ ඇත්තේ ඉලෙක්ට්‍රෝන 3 ක් පමණි. මෙනිසා ස්ථායි තත්වයට පත්වීම සඳහා e ක් ලබා ගැනීමේ දැඩි අවශ්‍යතාවක් B ට තිබේ. B හි මෙම උවමනාව P වැනි ස්ථානයක ඇති බන්ධන e කින් තෘප්තවූයේ යැයි සිතන්න. මෙවිට B, (-) අයනයක් බවට පත්වන අතර P හි නව කුහරයක් ඇති වේ. කුහරය, ආරෝපණ වාහකයක් වුවද B, (-) අයනය ආරෝපණ වාහකයක් නොවේ. මෙසේ සෑම B පරමාණුවකටම නව කුහරය බැගින් ඇති වූ විට අර්ධ සන්නායකය තුළ කුහර ප්‍රමාණය වැඩිවේ.



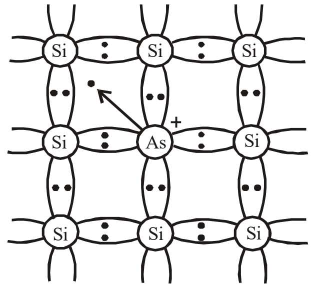
- කුහර සාන්ද්‍රණය, නිසඟ අවස්ථාවට වඩා විශාල බැවින් ප්‍රතිසංයෝජන ක්‍රියාවලියේ සීඝ්‍රතාව වැඩිවී නිදහස් e සාන්ද්‍රණය නිසඟ අවස්ථාවේ පැවති 10^{10} cm^{-3} අගයේ සිට 10^{3} cm^{-3} පමණ අගයක් දක්වා අඩු වේ.

- p වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායකයක 'බහුතර වාහක' (majority carriers) කුහර වන අතර 'අල්පතර (සුළුතර) වාහක' (minority carriers) e වේ.

- නිසඟ අවස්ථාවේදී මෙන්ම බාහ්‍ය අවස්ථාවේදී ද අර්ධ සන්නායකය විද්‍යුත් වශයෙන් උදාසීනය.

- මාත්‍රණයේ දී e ලබා ගැනීමේ උවමනාවක් ඇති B වැනි III කාණ්ඩයේ පරමාණු 'ප්‍රතිග්‍රාහක පරමාණු' (acceptor atoms) ලෙස ද ඒකක පරිමාවක ඇති ප්‍රතිග්‍රාහක පරමාණු ප්‍රමාණය, "ප්‍රතිග්‍රාහක පරමාණු සාන්ද්‍රණය" (acceptor atom concentration) (N_A) ලෙස ද හැඳින්වේ.

n වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක
(n-type extrinsic semiconductors)



IV වන කාණ්ඩයේ නිසඟ අර්ධ සන්නායකයක් V වන කාණ්ඩයේ මූලද්‍රව්‍යයක් මගින් මාත්‍රණය කිරීමෙන් මෙම වර්ගය සාදා ගැනේ.
Si , As මගින් මාත්‍රණය කරන අවස්ථාවක් සලකන්න.

Si පරමාණු විශාල ප්‍රමාණයක් තුළට එක් As පරමාණුවක් පමණක් එකතු කරන බැවින් Si හි ස්ඵටික ව්‍යුහය තුළ Si පරමාණුවක් ලෙසම හැසිරීමට As ට සිදුවේ.

යාබද Si පරමාණු 4 ක් සමඟ සහ සංයුජ බන්ධන 4 ක් සාදා ගත් පසු As සතුව සිය අවසාන කවචයේ අතිරික්ත e ක් තිබේ. පරිසරයේ ඇති තාප ශක්තියේ බලපෑමෙන් මෙම e ය පහසුවෙන් ඉවත් වේ. මෙවිට නිදහස් e ක් බිහිවන අතර As (+) අයනයක් බවට පත් වේ. නිදහස් e ය ආරෝපණ වාහකයක් නමුත් As , (+) අයනය එවැන්නක් නොවේ. මෙසේ සෑම As පරමාණුවකටම එක් නව නිදහස් e ය බැගින් බිහි වූ විට අර්ධ සන්නායකය තුළ නිදහස් e ප්‍රමාණය වැඩිවේ.

- n වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායකයක 'බහුතර වාහක' e වන අතර 'අල්පතර වාහක' කුහර වේ.

- මාත්‍රණයේ දී e ඉවත් කිරීමේ උවමනාවක් ඇති As වැනි V වන කාණ්ඩයේ පරමාණු "දායක පරමාණු" (donor atoms) ලෙසත් ඒකක පරිමාවක ඇති දායක පරමාණු ප්‍රමාණය, "දායක පරමාණු සාන්ද්‍රණය", (donor atom concentration) (N_D) ලෙසත් හැඳින්වේ.

- බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායකයක උෂ්ණත්වය වැඩිකල විට නව ඉලෙක්ට්‍රෝන කුහර යුගල් බිහි වන අතර ඉන් දැනෙන ප්‍රමාණයේ බලපෑමක් ඇති වන්නේ අල්පතර වාහක සාන්ද්‍රණයටය.

p - n සන්ධිය
(p-n junction)

P වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක ප්‍රදේශයක් හා n වර්ගයේ බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායක ප්‍රදේශයක්, අතරමැදි තුනී ස්ථරයක් ඇති වන පරිදි සන්ධි කිරීමෙන් p -n සන්ධියක් නිපදවා තිබේ.

p - n සන්ධිය බිහිකල විට, කුහර සාන්ද්‍රණය වැඩි p පෙදෙසේ සිට කුහර සාන්ද්‍රණය අඩු n පෙදෙසට කුහර විසරණය වී p පෙදෙසේ දී ඒවා e සමඟ ප්‍රතිසංයෝජනය කට ලක්වේ. මෙවිට සන්ධිය අසල n පෙදෙස (+) ලෙස ආරෝපණය වීමට පටන් ගනී.

මෙලෙසම නිදහස් e සාන්ද්‍රණය වැඩි n පෙදෙසේ සිට නිදහස් e සාන්ද්‍රණය අඩු p පෙදෙසට e විසරණය වී p පෙදෙසේදී ඒවා කුහර සමඟ ප්‍රතියෝජනයකට ලක්වේ. මෙවිට සන්ධිය අසල P පෙදෙස (-) ලෙස ආරෝපණය වීමට පටන් ගනී.

මෙම ආරෝපණය වීම් හේතුවෙන් සන්ධිය අසල n සිට P දෙසට ක්‍රියා කරන නව විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් ගොඩනැගේ. මෙම විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය සන්ධිය හරහා බහුතර වාහකවල ගැලීමට බාධා කරන මුත් අල්පතර වාහක වල ගැලීමට උපකාර කරයි. එබැවින් සන්ධීය හරහා බහුතර වාහක ගැලීමෙන් හට ගන්නා ධාරාව ක්‍රමයෙන් අඩු වී අල්පතර වාහක ගැලීමෙන් හට ගන්නා ධාරාව ක්‍රමයෙන් වැඩිවේ. එක්තරා අවස්ථාවක දී ඉහත ධාරා දෙකේ විශාලත්ව සමාන වේ. මෙවිට සන්ධිය හරහා ශුද්ධ වාහක ගැලීමක් නොමැත. මේ දක්වා ක්‍රමයෙන් ප්‍රබල වූ ඉහත කී විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍ර දැන් ස්ථාවර අගයකට එළඹ තිබේ.

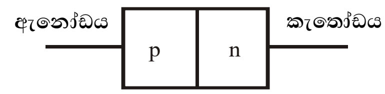
- p - n සන්ධිය අසල ගොඩනැගුණු මෙම නව විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය සන්ධියේ 'අභ්‍යන්තර විභව බාධකය' (internal potential barrier) හෙවත් සන්ධි බාධකය' (junction barrier) ලෙස හැඳින්වේ. එහිවෝල්ටීයතා අගය V_b මගින් නිරූපණය කෙරේ.

  සිලිකන් p - n සන්ධියක් සඳහා $V_b \approx 0.7V$
  ජ'මේනියම් p -n සන්ධියක් සඳහා $V_b \approx 0.3V$

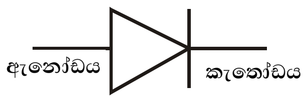
- අභ්‍යන්තර විභව බාධකය ගොඩ නැගුණු පසු සන්ධිය අසල ඉතා පටු ප්‍රදේශයක ආරෝපණ වාහක හීන වී තිබේ. මෙම ප්‍රදේශය 'හීන ස්ථරය හෙවත් 'හායිත ප්‍රදේශය' (depletion layer) ලෙස හැඳින්වේ. ආරෝපණ වාහක අල්ප බැවින් හීන ස්ථරයට අධික විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධයක් තිබේ.

සන්ධි දියෝඩය (Junction diode)

p - n සන්ධියක p හා n පෙදෙස් දෙකට වෙන වෙනම බාහිර සන්නායක අග්‍ර දෙකක් ඈඳා සන්ධිය පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකින් ආවරණය කිරීමෙන් සන්ධි දියෝඩය නිපදවා තිබේ.



පරිපථ සංකේතය

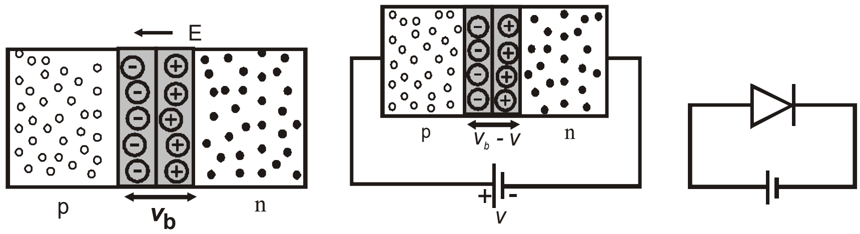


බාහිර ස්වරූපය

- දියෝඩයක පරිපථ සංකේතයේ ඇති ඊ හිස, බහුතර වාහක නිසා ගලන ධාරාවේ දිශාව නිරූපණය කරයි.

දියෝඩයක් නැඹුරු කිරීම (Biasing of a diode)

දියෝඩයක් පෙර නැඹුරු කිරීම
(Forward biasing of a diode)

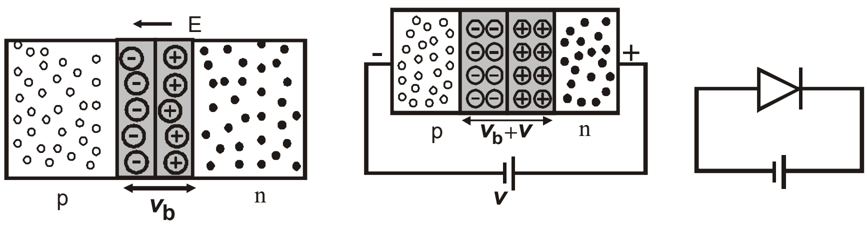


බාහිර විභව සැපයුමක වැඩි විභවය ඇනෝඩයටත් අඩු විභවය කැතෝඩයටත් සැපයූ විට දියෝඩය පෙර නැඹුරු කර ඇතැයි කියැවේ.

හායිත ප්‍රදේශයේ විද්‍යුත් ප්‍රතිරෝධය අධික බැවින් බාහිර වෝල්ටීයතාව මුළුමනින්ම පාහේ ක්‍රියා කරනුයේ හායිත ප්‍රදේශය හරහාය. එමගින් ඇති කරන විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය, අභ්‍යන්තර විභව බාධකයට එරෙහිව ක්‍රියා කරයි. බාහිර වෝල්ටීතාව ක්‍රමයෙන් වැඩි කරන විට එක්තරා අවස්ථාවක දී එහි අගය අභ්‍යන්තර විභව බාධකය (V_b) ඉක්මවා යයි. මෙවිට එතෙක් අඩාලව පැවති, සන්ධිය හරහා බහුතර වාහකවල ගැලීම නැවතත් හොඳින් සිදුවේ.

- පෙර නැඹුරු දියෝඩයක් හරහා (අභ්‍යන්තර විභව බාධකය අභිබැවූ විට) බහුතර වාහක නිසා හටගත් mA ප්‍රමාණයේ ධාරාවක් පවතී.

දියෝඩයක් පසු නැඹුරු කිරීම
(Revers biasing of a diode)



බාහිර විභව සැපයුමක අඩු විභවය ඇනෝඩයටත් වැඩි විභවය කැතෝඩයටත් සැපයූ විට දියෝඩය පසු නැඹුරු කර ඇතැයි කියැවේ.

මෙවිට බාහිර විභව සැපයුමත්, අභ්‍යන්තර විභව බාධකයත් යන දෙකම 'එකඟව' ක්‍රියා කරන බැවින් සන්ධිය හරහා බහුතර වාහක ගැලීම මුළුමනින්ම පාහේ අඩාල වේ. එහෙත් ඉහත ක්ෂේත්‍ර දෙකම අල්පතර වාහක වල ගැලීමට උපකාරී වන බැවින් සන්ධිය හරහා අල්පතර වාහකවල ගැලීම හොඳින් සිදු වේ.

- පසු නැඹුරු දියෝඩයක් හරහා අල්පතර වාහක නිසා හටගත් μA ප්‍රමාණයේ ධාරාවක් පවතී. මෙය කාන්දු ධාරාව ලෙස හැඳින්වේ.

සන්ධි දියෝඩයක් සඳහා V - I ප්‍රස්ථාරය
(I-V Characteristic curve of a junction diode)

පෙර නැඹුරු වෝල්ටීයතාව ක්‍රමයෙන් වැඩි කරන විට V_b දක්වා ස්වල්ප වශයෙන් වැඩි වූ පෙර නැඹුරු ධාරාව ඉන්පසු සීඝ්‍රයෙන් වැඩිවේ. පෙර නැඹුරු දියෝඩයක් හරහා නිරුපද්‍රිතව ගලා යා හැකි උපරිම ධාරාව 'පෙර නැඹුරු උපරිම ධාරාව' (I_{max}) යි. මෙම අවස්ථාවේදී දියෝඩය එහි උපරිම ක්ෂමතාවයෙන් ක්‍රියා කරයි. V_b ට පෙර ප්‍රස්ථාරයේ අනුක්‍රමණය කුඩා වීමෙන් පෙනී යන්නේ දියෝඩයේ ප්‍රතිරෝධය අධික බවයි. එහෙත් V_b ගෙන් පසු අනුක්‍රමණය විශාල ස්ථාවර අගයක් වීමෙන් පෙනී යන්නේ දැන් දියෝඩයට ස්ථාවර කුඩා ප්‍රතිරෝධයක් ඇති බවයි.

පසු නැඹුරු වෝල්ටීයතාව සමඟ පසු නැඹුරු ධාරාව වැඩි වන්නේ ස්වල්ප වශයෙනි. තව ද මෙම අවස්ථාවේදී ප්‍රස්ථාරයේ අනුක්‍රමණය ඉතා කුඩා වීමෙන් පෙනී යන්නේ පසු නැඹුරු දියෝඩයකට විශාල ප්‍රතිරෝධයක් ඇති බවයි.

පසු නැඹුරු වෝල්ටීයතාව එක්තරා අගයක් ඉක්මවා යන විට පසු නැඹුරු ධාරාව සීඝ්‍රයෙන් වැඩිවන බව පෙනේ. මෙවිට සිදුවන්නේ එම අධික පසු නැඹුරු වෝල්ටීයතාවට ඔරොත්තු දිය නොහැකිව දියෝඩය බිඳ වැටීමයි. මෙය සිදුවන වෝල්ටීයතාව 'බිඳ වැටුම් වෝල්ටීයතාව' (breakdown voltage - V_B)හෙවත් 'පසු කුළු වෝලටීයතාව' (Peak Inverse Voltage - PIV) ලෙස හැඳින්වේ.

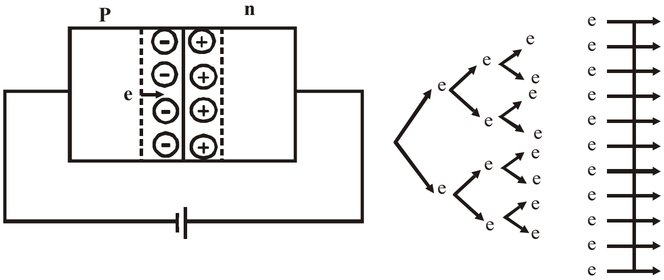
දියෝඩයක් බිඳ වැටිය හැකි ක්‍රම
(Breakdown methods of a diode)

මෙවැනි ක්‍රම 2 කි.

1. ඕඝීය ආවරණය
2. සෙනර් ආවරණය

ඕඝීය ආවරණය (Avalanche breakdown)

පසු නැඹුරු අවස්ථාවේදී හීන ස්ථරය හරහා ඇති ප්‍රබල විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයට හසුවන P පෙදෙසේ ඇති අල්පතර වාහක වන නිදහස් e ක් (සන්ධිය අසල ඇති) සලකන්න.



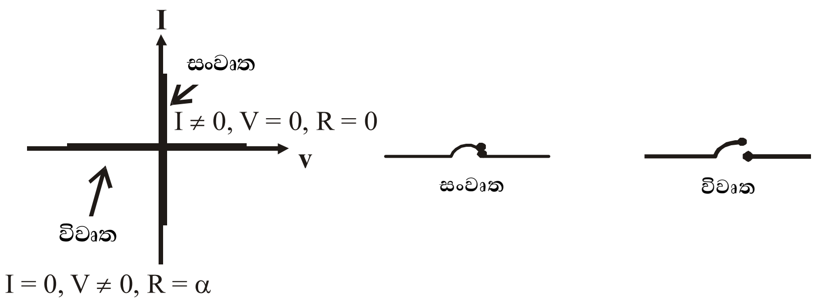
එය අධික ත්වරණයකට ලක්වී විශාල චාලක ශක්තියක් සහිතව බන්ධන e ක් හා ගැටී එය ද නිදහස් තත්වයට පත් කරයි. මෙම e දෙකම උක්ත ක්ෂේත්‍රයට හසුව සිය චාලක ශක්තිය වැඩි කර ගනිමින් චලිත වි තවත් බන්ධන e දෙකක් හා ගැටී ඒවාද නිදහස් තත්වයට පත් කරයි. මෙසේ ගැටුම් මගින් බන්ධන e සමූහයක් නිදහස් තත්වයට පත් වී විශාල ධාරාවක් ගලා ගොස් p - n සන්ධිය විනාශ වීම ඕසීය ආවරණයයි.

සෙනර් ආවරණය (Zener breakdown)

පසු නැඹුරු අවස්ථාවේදී හීන ස්ථරය හරහා ඇති ප්‍රබල විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය හේතුවෙන් ඇති වන බල මගින් බන්ධන e සමූහයක් එකවර නිදහස් තත්වයට පත් වී විශාල ධාරාවක් ගලා ගොස් සන්ධිය විනාශ වීම සෙනර් ආවරණයයි.

ප්‍රායෝගික දියෝඩ/පරිපූර්ණ දියෝඩ/ ආසන්න පරිපූර්ණ දියෝඩ
(Real diodes / Ideal diodes / Approximately ideal diodes)

යාන්ත්‍රික ස්විචයක් සඳහා V - I ප්‍රස්ථාරය
(I-V characteristic curve of a mechanical switch)



දියෝඩය ස්විච්චයක් ලෙස භාවිත කිරීම
(Function of a diode as a switch)

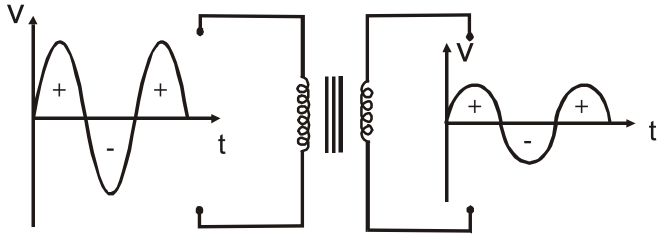
පෙර නැඹුරු දියෝඩයක් හරහා ධාරාව හොඳින් ගලා යන විට එය සංවෘත ස්විච්චයක් ලෙස ද පසු නැඹුරු දියෝඩයක් හරහා ධාරාව නොගලන විට එය විවෘත ස්විච්චයක් ලෙසද ක්‍රියා කරයි.

විශාල ප්‍රත්‍යාවර්ත වෝල්ටීයතාවක් මගින් කුඩා, ස්ථාවර, සරල වෝල්ටීයතාවක් ලබා ගැනීම
(How to construct a small stable DC voltage by using a large AC voltage)

මෙය පියවර 4කින් යුක්ත වේ.

❶ පරිණාමනය
❷ සෘජුකරණය
❸ සුමටනය
❹ වෝල්ටීයතා යාමනය (වෝල්ටීයතා ස්ථායීකරණය)

පරිණාමණය (Transformation)



මෙහි දී පළමුව අවකර පරිනාමකයක් යොදා ඉහළ අගයක ඇති ප්‍රත්‍යාවර්ත වෝල්ටීයතාව පහල අගයකට ගෙන එනු ලැබේ.

සෘජුකරණය (Rectification)

කාලය සමඟ නිරන්තරයෙන් වෙනස් වන ප්‍රත්‍යාවර්ත වෝල්ටීයතාවක ධ්‍රැවියතාව (+/- බව) වෙනස් නොවන තත්වයකට පත් කිරීම සෘජුකරණයයි. මෙය ආකාර දෙකකි.

- ❶ අර්ධ තරංග සෘජුකරණය
- ❷ පූර්ණ තරංග සෘජුකරණය

අර්ධ තරංග සෘජුකරණය (Half-wave rectification)

B ට සාපේක්ෂව A, (+) විභවයක පවතින ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාවයේ (V_i) ධන අර්ධ චක්‍රයේ දී දියෝඩය පෙර නැඹුරු වී එතුලින් ධාරාව ගලායයි. මෙවිට භාර ප්‍රතිරෝධය (R_L) හරහා ද ධාරාවක් පවතින බැවින් ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවක් (V_o) පවතී.

B ට සාපේක්ෂව A, සෘණ විභවයක පවතින ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාවයේ සෘණ අර්ධ චක්‍රයේ දී දියෝඩය පසු නැඹුරු වී එතුලින් ධාරාවක් නොගලයි. මෙවිට භාර ප්‍රතිරෝධය හරහා ද ධාරාවක් නොපවතින බැවින් ප්‍රතිදාන විභවය ශුන්‍ය වේ.

- දියෝඩය පරිපූර්ණ එකක් නම් V_0 හි උපරිම අගය, V_i හි උපරිම අගයට සමාන වේ.
- දියෝඩය ආසන්න පරිපූර්ණ එකක් නම් V_0 හි උපරිම අගය, V_i හි උපරිම අගයට වඩා V_b ප්‍රමාණයක් අඩුය.
- දියෝඩය ප්‍රායෝගික එකක් නම් V_0 හි උපරිම අගය, V_i හි උපරිම අගයට වඩා "V_b + ඕමික විභව බැස්ම" ට සමාන ප්‍රමාණයක් අඩුය.
- ප්‍රදානයේ සෘණ අර්ධ චක්‍රයේදී (ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාව මුළු මනින්ම පවතිනුයේ දියෝඩය හරහා බැවින්) දියෝඩය බිඳ නොවැටීමට නම්, $V_B > (V_i)_{max}$ විය යුතුය.

- ප්‍රදානයේ එක් චක්‍රයකින් අඩක් පමණක් සෘජුකරණයට ලක් වූ බැවින් මෙය අර්ධ තරංග සෘජුකරණය ලෙස හැඳින්වෙයි.
- ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයේ මධ්‍යන්‍ය අගය (සරල ධාරා වෝල්ටීයතාව) V_{dc} නම් $V_{dc} = \frac{(V_0)_{max}}{\pi}$ වේ.

පූර්ණ තරංග සෘජුකරණය (Full wave rectification)

ප්‍රදානයේ ධන අර්ධ චක්‍රයේ දී B ට සාපේක්ෂව A ධන විභවයක පවතින විට D_1 හා D_3 දියෝඩ පෙර නැඹුරු වී D_2 හා D_4 දියෝඩ පසු නැඹුරු වේ. මෙවිට R_L හරහා x සිට y දෙසට ධාරාව ගලා යන බැවින් ප්‍රතිදානයක් පවතී.
ප්‍රදානයේ සෘණ අර්ධ චක්‍රයේ දී B ට සාපේක්ෂව A, සෘණ විභවයක පවතින විට D_1 හා D_3 දියෝඩ පසු නැඹුරු වී D_2 හා D_4 දියෝඩ පෙර නැඹුරු වේ. මෙවිට ද R_L හරහා ධාරාව x සිට y දෙසටම බැවින් පෙර පරිදිම වූ ප්‍රතිදානයක් ලැබේ.

- දියෝඩ පරිපූර්ණ ඒවා නම් V_0 හි උපරිම අගය V_i හි උපරිම අගයට සමාන වේ.
- දියෝඩ ආසන්න පරිපූර්ණ ඒවා නම් V_0 හි උපරිම අගය, V_i හි උපරිම අගයට වඩා $2V_b$ ප්‍රමාණයක් අඩුය.
- දියෝඩ ප්‍රායෝගික ඒවා නම් V_0 හි උපරිම අගය, V_i හි උපරිම අගයට වඩා " $2V_b + 2 \times$ එක් දියෝඩයක් හරහා ඕමික විභව බැස්ම" ට සමාන ප්‍රමාණයක් අඩුය.
- ප්‍රදානයේ සම්පූර්ණ චක්‍රයම සෘජුකරණයට ලක් වූ බැවින් මෙය පූර්ණ තරංග සෘජුකරණය ලෙස හැඳින්වේ.
- ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයේ මධ්‍යන්‍ය අගය V_{dc} නම් $V_{dc} = \frac{2(V_0)_{max}}{\pi}$ වේ.

සුමටනය (Smoothing)

සෘජුකරණයෙන් පසු ලැබෙන සරල වෝල්ටීයතාව විශාල වශයෙන් උච්චාවචනයන්ට ලක් වේ. මෙම උච්චාවචනයන් යම් තාක් දුරකට අඩු කර ගැනීම සුමටනයයි. මේ සඳහා භාර ප්‍රතිරෝධය සමග සමාන්තරගතව ධාරිත්‍රකයක් (සුමටන ධාරිත්‍රකයක්) (smoothing capacitor) යොදනු ලැබේ.

අර්ධ තරංග සෘජුකරණය (Half wave rectification)

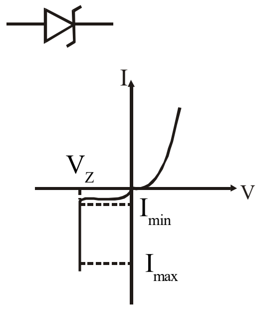
P සිට Q දක්වා ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාවය වැඩි වන විට ඊට අනුරූපව ප්‍රතිදානය ද වැඩි වන අතර ධාරිත්‍රකය ආරෝපණය වේ. Q ගෙන් පසු ප්‍රදාන වෝල්ටියතාවය සීග්‍රයෙන් අඩු වුව ද ධාරිත්‍රකය විසර්ජනය වන්නේ සෙමින් බැවින් දූන් ප්‍රතිදානය, විසර්ජනය වන ධාරිත්‍රකයක් හරහා වෝල්ටීයතාව අඩුවන ආකාරයට හැසිරේ. R වැනි ලක්ෂයක දී නැවත ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාව (දූනට දුර්වලව ඇති) ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටීයතාව අභිබවා යයි. මේ අනුව R සිට S දක්වා ප්‍රතිදානය, ප්‍රදානයට අනුව විචලනය වන අතර ධාරිත්‍රකය නැවත ආරෝපණය වේ.

- සුමටනයෙන් පසු ලැබෙන වෝල්ටීයතාව ''රැළිති වෝල්ටීයතාව'' (ripple voltage) හෙවත් "යාමනය නොකල වෝල්ටීයතාව" (non regulated voltage) ලෙස හැඳින්වේ.
- ප්‍රදානයේ එක් චක්‍රයක් සඳහා එක් රැළිත්තක් බැගින් ඇති වූ බැවින් රැළිති සංඛ්‍යාතය , ප්‍රදාන වෝල්ටීයතාවයේ සංඛ්‍යාතයට සමාන වේ.

පූර්ණ තරංග සෘජුකරණය (Full wave rectification)

- ප්‍රදානයේ එක් චක්‍රයක් සඳහා රැළිති දෙක බැගින් ඇති වූ බැවින් රැළිති සංඛ්‍යාතය, ප්‍රදානයේ සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයකි.

සෙනර් දියෝඩ (Zener diodes)



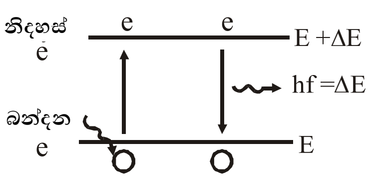
සෙනර් දියෝඩ විශේෂයෙන් නිපදවා ඇත්තේ බිඳ වැටුම් ස්ථානයේ දී යම් උපරිමයක් දක්වා නිරුපද්‍රිතව ධාරා ගලා යා හැකි වන පරිද්දෙනි. තව ද ඉදිරි ප්‍රස්ථාරය අනුව පෙනී යන්නේ පසු නැඹුරු සෙනර් දියෝඩයක් හරහා ධාරාව I_{min} හා I_{max} අතර පවතින විට සෙනර් දියෝඩය හරහා වෝල්ටීයතාව බොහෝ දුරට ස්ථාවරව පවතින බව යි. මෙම ස්ථාවර වෝල්ටීයතාව, සෙනර් වෝල්ටීයතාව (V_Z) ලෙස හැඳින්වේ. සෙනර් දියෝඩයක් සතු මෙම ලක්ෂණය , ස්ථාවර සරල වෝල්ටීයතාවයක් ලබා ගැනිම සඳහා යොදා ගත හැකි යි.

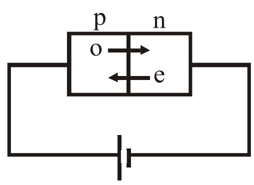
සෙනර් දියෝඩයක් හරහා ධාරාව පාලනය කිරීම
(Controlling the current through a zener diode)

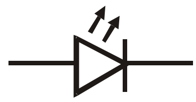
වෝල්ටීයතා යාමනය (Voltage regulation)

සුමටනයෙන් පසු ලැබෙන රළිති සහිත වෝල්ටීයතාව සම්පූර්ණයෙන්ම පාහේ ස්ථාවර තත්වයට ගෙන ඒම වෝල්ටීයතා යාමනයයි. මේ සඳහා පෙර කොටසේ දී සාකච්ඡා කල පරිදි සෙනර් දියෝඩ යොදවා ගනු ලැබේ.

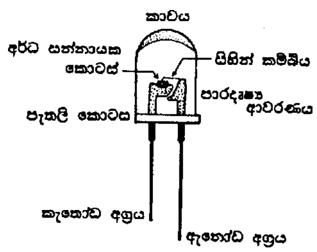
ආලෝක විමෝචක දියෝඩ (LED)
(Light Emitting Diodes)



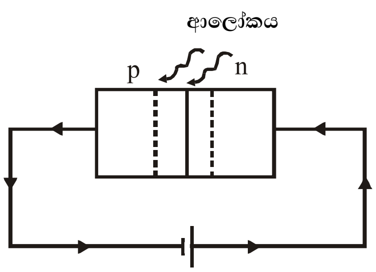


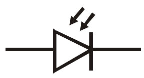


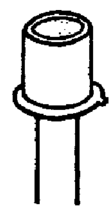
p - n සන්ධියක් පෙර නැඹුරු කල විට සන්ධිය හරහා ගලා යන බහුතර වාහක ප්‍රතිසංයෝජනයකට ලක් වේ. නිදහස් e වල ශක්තිය කුහර වල ශක්තියට වඩා වැඩි බැවින් උක්ත ප්‍රතිසංයෝජනයේ දී නිදහස් e සතු අතිරික්ත ශක්තිය මුදා හැරේ. LED නිපදවා ඇත්තේ මෙසේ මුදා හරින ශක්තියට අනුරූප පෝටෝනවල සංඛ්‍යාතය, විද්‍යුත් චුම්භක වර්ණාවලියේ දෘශ්‍ය කොටසට අයත් වන පරිදි ය. එවිට එම ශක්තිය ආලෝකය ලෙස දිස් වේ.



ප්‍රකාශ දියෝඩ (Photo diodes)

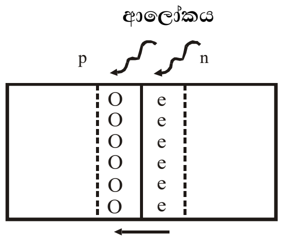






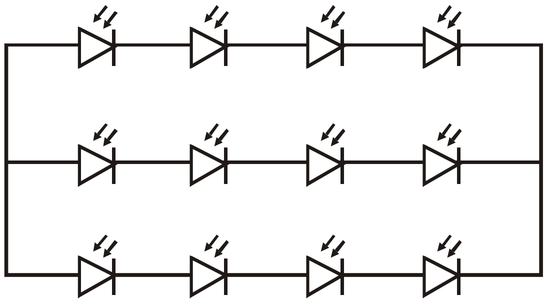
පසු නැඹුරු p - n සන්ධියක් හරහා අල්පතර වාහක නිසා හටගත් කුඩා ධාරාවක් ඇති බව අපි දනිමු. මෙවැනි p - n සන්ධියක හායිත ප්‍රදේශයට ආලෝකය පතනය වන්නට සැලැස්වූ විට එම ආලෝක ශක්තිය හේතුවෙන් බන්ධන බිඳී නව ඉලෙක්ට්‍රෝන-කුහර යුගල ජනනය වේ. එමගින් පසු නැඹුරු ධාරාවේ වැඩිවීමක් සිදු වේ. පතිත අලෝකයේ තීව්‍රතාවය වැඩිවත්ම ඉලෙක්ට්‍රෝන -කුහර යුගල ජනනය වැඩියෙන් සිදුවන බැවින් ආලෝකයේ තීව්‍රතාවයට සමානුපාතිකව පසු නැඹුරු ධාරාව වැඩිවේ. ප්‍රකාශ දියෝඩ තනා ඇත්තේ මෙම ගුණය ඇති වන පරිදිය.

ප්‍රකාශ කෝෂ (සූර්ය කෝෂ)
(Photo cells / Solar cells)



ප්‍රකාශ කෝෂයක් යනු විශේෂිත ආකාරයේ ප්‍රකාශ දියෝඩයකි. බාහිර වෝල්ටීයතාවක් මගින් නැඹුරු නොකල මෙවැනි දියෝඩයක හායිත ප්‍රදේශය මතට ආලෝකය පතනය වන්නට සැලැස්වූ විට එමගින් නිපදවන e හා කුහර, අභ්‍යන්තර විභව බාධකය හේතුවෙන් සන්ධිය දෙපසට තල්ලු වේ. ප්‍රකාශ කෝෂ නිපදවා ඇත්තේ මෙවිට හට ගන්නා විභව අන්තරය, බාහිර පරිපථයකට ලබා දිය හැකි පරිද්දෙනි.

එක් සූර්ය කෝෂයකින් නිපදවන වි.ගා.බ.ය ඉතා කුඩා බැවින් එවැනි කෝෂ විශාල සංඛ්‍යාවක් භාවිතයෙන් 'සූර්ය පැනල' නිපදවා තිබේ.



01. **Time target :** 3 minutes

300 K උෂ්ණත්වයේදී නිසඟ සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයක පරමාණු සාන්ද්‍රණය 10^{28} m^{-3} වන අතර එහි කුහර සාන්ද්‍රණය 10^{16} m^{-3} වේ. සිලිකන් පරමාණු මිලියනයකට දායක පරමාණු එකක් බැගින් වූ මාත්‍රණ මට්ටමක් යෙදීමෙන් ඉන් බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායකයක් තනා ගනු ලැබේ.

i. බාහ්‍ය අර්ධ සන්නායකය p වර්ගයේද n වර්ගයේද ?

ii. මෙම මාත්‍රණ මට්ටම යෙදූ විට සිලිකන් කැබැල්ලට එකතු වන දායක පරමාණු සාන්ද්‍රණය කොපමණද ?

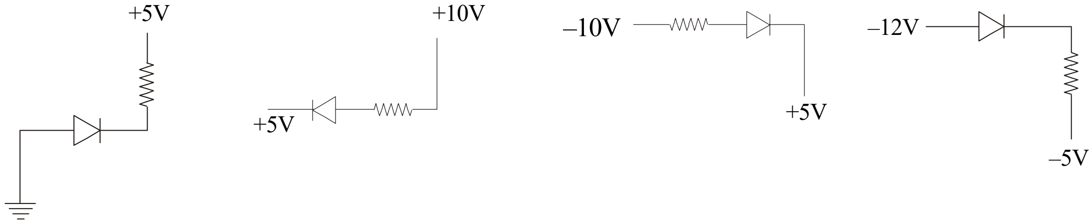
iii. මාත්‍රණයේදී ඇති වූ බහුතර වාහක සාන්ද්‍රණය කොපමණද ?

02. **Time target :** 2 minutes

"පෙර නැඹුරු දියෝඩයකට ඇත්තේ ගතික ප්‍රතිරෝධයකි" V – I ලාක්ෂණික ප්‍රස්ථාරය ඇසුරෙන් මෙය පහදන්න.

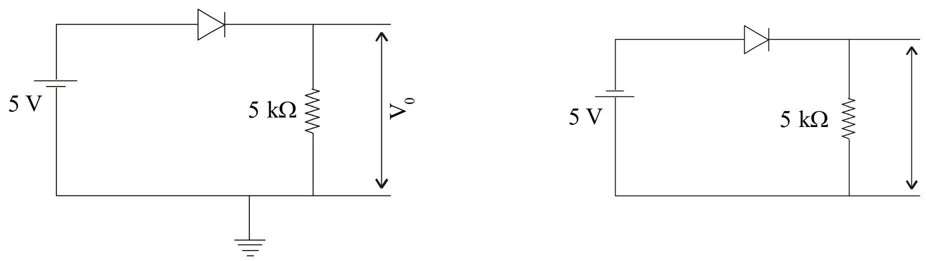
03. **Time target :** 2 minutes

පහත රූපවල දැක්වෙන දියෝඩ එක එකක් ඇත්තේ පසු නැඹුරු අවස්ථාවේද නැතහොත් පෙර නැඹුරු අවස්ථාවේද යන්න සඳහන් කරන්න.

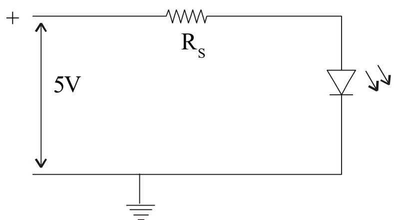


04. **Time target :** 2 minutes

දියෝඩ පරිපූර්ණ යැයි සලකා පහත පරිපථවල ප්‍රතිදාන විභවය හා 5 kΩ භාර ප්‍රතිරෝධය තුළින් ගලන ධාරාව සොයන්න.



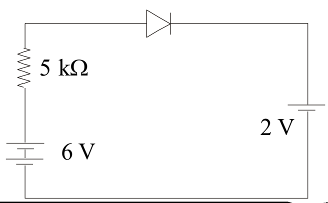
05. **Time target :** 2 minutes



දැක්වෙන පරිපථයේ දියෝඩයෙන් සෑහෙන ප්‍රමාණයක ආලෝකය විමෝචනය වීමට නම් එය තුළින් ගැලිය යුතු ධාරාව 20 mA නම් යෙදිය යුතු R_S අගය ගණනය කරන්න. ආලෝකය විමෝචනය කරන විට දියෝඩය හරහා 2 V විභව අන්තරයක් ඇතැයි සළකන්න.

06. **Time target :** 2 minutes

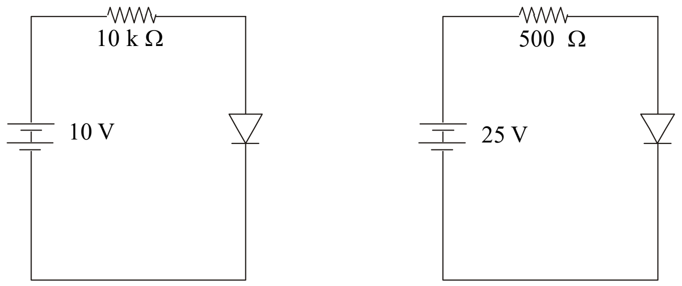
දියෝඩය පරිපූර්ණ එකක් යැයි සලකා ඒ තුළින් ගලන ධාරාව සොයන්න.



07. **Time target :** 4 minutes

a. රූපයෙන් Si දියෝඩයක් යෙදූ පරිපථයක්ද

b. රූපයෙන් Ge දියෝඩයක් යෙදූ පරිපථයක්ද දැක්වේ.

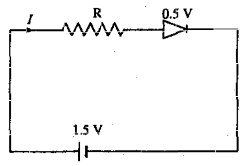


(a) (b)

i) දියෝඩ දෙකම පරිපූර්ණ යැයි සලකා ප්‍රතිරෝධ හරහා ගලන ධාරා සොයන්න.

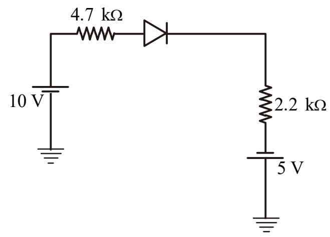
ii) Si හා Ge දියෝඩවල දණ්ඩි වෝල්ටීයතා පිළිවෙලින් 0.7 V හා 0.3 V නම් ප්‍රතිරෝධ හරහා ගලන ධාරාද දියෝඩ වලින් උත්සර්ජනය වන ක්ෂමතාද සොයන්න.

08. **Time target :** 2 minutes



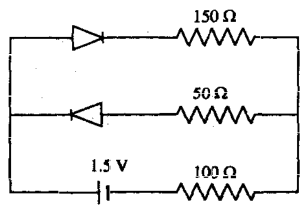
රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයේ ඇති දියෝඩය හරහා සියළු ධාරාවන් සඳහා 0.5 V විභව බැස්මක් ඇත. දියෝඩයේ උපරිම ක්ෂමතාව 100 mW නම් දියෝඩය හරහා උපරිම ධාරාව ගලා යාමට සලස්වන R හි අගය සොයන්න.

09. **Time target :** 2 minutes



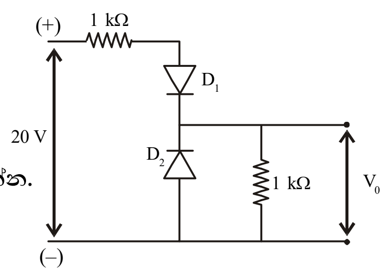
රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයේ දියෝඩය Si එකක් බව සලකා එතුලින් ගලන ධාරාව සොයන්න.

10. **Time target :** 2 minutes



රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයේ ඇති දියෝඩ වලට 50 Ω ක පෙර නැඹුරු ප්‍රතිරෝධයක් ද අපරිමිත පසු නැඹුරු ප්‍රතිරෝධයක්ද තිබේ. බැටරියේ අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය නොසලකා හැර 100 Ω ප්‍රතිරෝධය හරහා ධාරාව සොයන්න.

11. **Time target :** 3 minutes



රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයේ දියෝඩ දෙකම පරිපූර්ණ නම්,

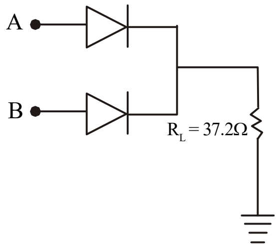
i. එක් එක් දියෝඩය හරහා ධාරාව

ii. ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාව

iii. D_2 දියෝඩයට පැවතිය හැකි අවම පසු කුළු වෝල්ටීයතාව සොයන්න.

12. **Time target :** 2 minutes

රූපයේ දක්වෙන දියෝඩ දෙකෙහි දණ්ටි වෝල්ටීයතා 0.7 V ලෙස ගෙන $V_A = 10\,V$ හා $V_B = 5\,V$ වන විට R_L හරහා ධාරාව සොයන්න.



13. **Time target :** 4 minutes

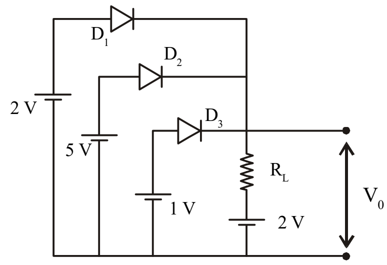
රූපයේ දක්වෙන පරිපථයේ දියෝඩ සියල්ල පරිපූර්ණ නම්,

i. ධාරාව සන්නයනය කරන්නේ කුමන දියෝඩයද ? / දියෝඩද ?

ii. අනෙක් දියෝඩය/දියෝඩ හරහා ඇති පසු නැඹුරු වෝල්ටියතාව කොපමණද ?

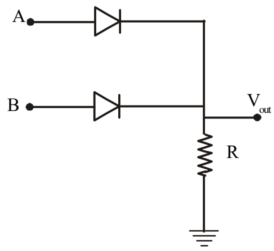
iii. $R_L = 1.5\,k\Omega$ නම් R_L හරහා ධාරාව කුමක්ද ?

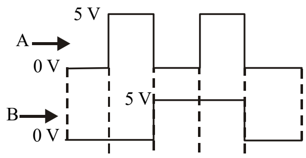
iv. ප්‍රතිදාන වෝල්ටියතාව කොපමණද ?



14. **Time target :** 4 minutes

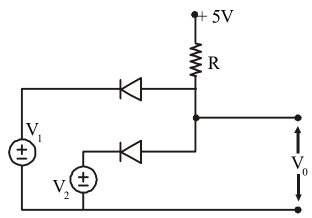
රූපයේ දක්වෙන පරිපථයේ දියෝඩ දෙකම Si ඒවා බව සලකා A හා B සඳහා පහත වෝල්ටියතා එකවිට ප්‍රදානය කල විට ප්‍රතිදාන වෝල්ටියතාවයේ හැසිරිම ප්‍රස්ථාර ගත කරන්න.

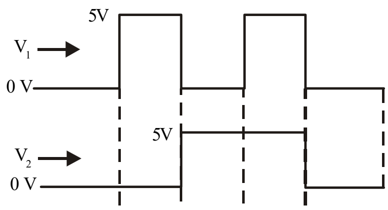




15. **Time target :** 4 minutes

රූපයේ දක්වෙන පරිපථයේ ඇති දියෝඩ සිලිකන් ඒවා බව සලකා V_1 හා V_2 සඳහා පහත දක්වෙන වෝල්ටියතා එකවිට ප්‍රදානය කල විට ප්‍රතිදාන වෝල්ටියතාවයේ හැසිරිම ප්‍රස්ථාර ගත කරන්න.





16. **Time target :** 3 minutes

සන්ධි දියෝඩයක ලාක්ෂණික සෙවීමේ පරීක්ෂණයකදී ලබාගත් පාඨාංක පහත දක්වේ.

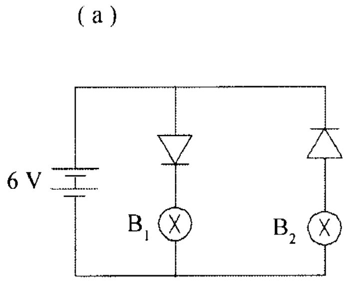
V (V)	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
1 (mA)	0	0	0	2	5	20	100

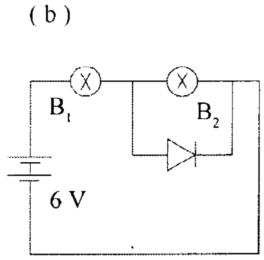
i. මෙම දියෝඩය Si එකක්ද ? නැතහොත් Ge එකක්ද ? හේතු දක්වන්න.

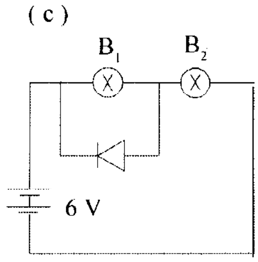
ii. 6 V සරල ධාරා විදුලි සැපයුමක් යටතේ දියෝඩය තුළින් ගලා යන උපරිම ධාරාව 100 mA ට සීමා කිරීම පිණිස දියෝඩය සමඟ ශ්‍රේණිගතව යෙදිය යුතු ප්‍රතිරෝධය කොපමණද ? ඊට තිබිය යුතු අවම ක්ෂමතාව කොපමණද?

17. **Time target :** 3 minutes

පහත දැක්වෙන පරිපථවල යොදා ඇති බල්බ 6V , 100 mA ඒවාය, දියෝඩ පරිපූර්ණ යැයි උපකල්පනය කරන්න. (a) , (b) , (c) පරිපථවල ඇති බල්බ වලින් කුමන ඒවා හොඳින් දැල්වේද ? අඩු දීප්තියෙන් දැල්වේද නොදැල්වේද යන්න හේතු සහිතව දක්වන්න.

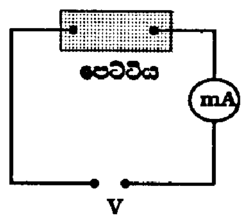






18. **Time target :** 3 minutes

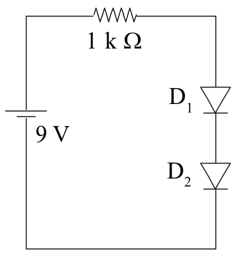
රූපයේ දක්වා ඇති පෙට්ටිය තුළ අර්ධ සන්නායක දියෝඩයක් හා නියත ප්‍රතිරෝධකයක් යම් ආකාරයකට සම්බන්ධ කොට අග්‍ර දෙකක් පමණක් පිටතට විවෘත කොට ඇත. මෙම අග්‍ර දෙක සමග ශ්‍රේණිගතව මිලි ඇමීටරයක් (mA) හා වෝල්ටීයතා ප්‍රභවයක් සම්බන්ධ කොට ඇත. ප්‍රභවයෙහි වෝල්ටීයතාව 1.0 V වන විට, මිලි ඇමීටරයෙහි කියවීම 25 mA වේ. එම වෝල්ටීයතාව ම, දිශාව මාරු කොට යෙදූ විට, මිලි ඇමීටරයෙහි කියවීම 50 mA වේ. පෙට්ටිය තුළ දියෝඩය හා ප්‍රතිරෝධකය සම්බන්ධ කොට ඇත්තේ කවර ආකාරයකට දැයි හේතු සහිතව දක්වන්න. දියෝඩයෙහි පෙර නැඹුරු ප්‍රතිරෝධය ද, ප්‍රතිරෝධකයෙහි අගය ද ගණනය කරන්න.



19. **Time target :** 3 minutes

i. D_1 , D_2 දියෝඩ දෙකම Si නම් පරිපථයේ ධාරාව සොයන්න. D_2 හි අග්‍ර මාරු කළහොත් පරිපථයේ ගලන ධාරාව කුමක්ද ?

ii. D_1 , D_2 දියෝඩ දෙකම Ge නම් පරිපථයේ ගලන ධාරාව සොයන්න. D_2 හි අග්‍ර මාරු කළහොත් පරිපථයේ ධාරාව කුමක්ද ?

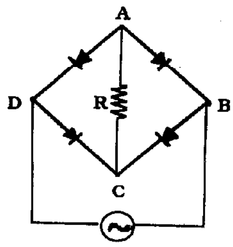


20. **Time target :** 4 minutes

රූපයෙහි දැක්වෙන පරිදි p - n සන්ධි දියෝඩ හතරක් සහ R ප්‍රතිරෝධකයක් අඩංගු සේතු පරිපථයෙහි B හා D සන්ධි හරහා ප්‍රත්‍යාවර්ත වෝල්ටීයතා සැපයුමක් සම්බන්ධ කර ඇත. සැපයුම් වෝල්ටීයතාවෙහි චක්‍ර දෙකකට අනුරූප වන කාලය ඇතුළත. කාලයත් සමග

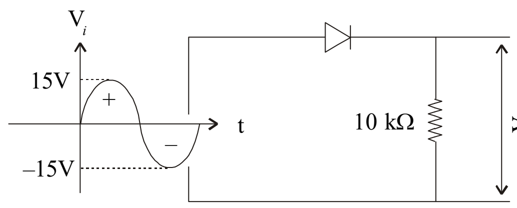
i. A ට සාපේක්ෂව C හි විභවය.
ii. A ට සාපේක්ෂව B හි විභවය සහ
iii. D ට සාපේක්ෂව B හි විභවය

විචලනය වන ආකාරය දළ සටහනකින් පෙන්වන්න.



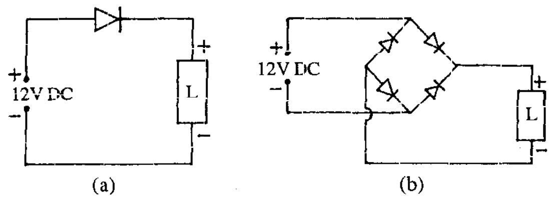
21. **Time target :** 3 minutes

දියෝඩය පරිපූර්ණ එකක් ලෙස සලකා ප්‍රදාන වෝල්ටීයතා සංඥාවෙහි කුළු අගය 15V ද භාර ප්‍රතිරෝධකය 10 kΩ ද වේ නම්, ධන අර්ධ චක්‍රයේදී ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයෙහි උපරිම අගයද, දියෝඩය හරහා උපරිම ධාරාවද සෘණ අර්ධ චක්‍රයේදී දියෝඩය ලක්වන උපරිම පසු වෝල්ටීයතාවද සොයන්න.



22. **Time target :** 4 minutes

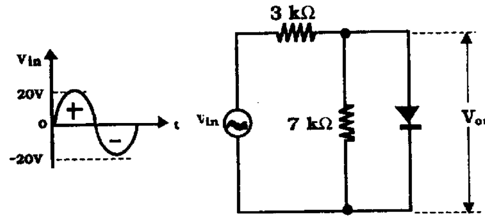
සරල ධාරා විදුලියෙන් ක්‍රියා කරන L යන උපකරණයක් වෙත ආරක්ෂිතව 12 V සරල ධාරා විභව අන්තරයක් යෙමු කිරීමට යොදා ගතහැකි දියෝඩ සැකසුම් දෙකක් (a) හා (b) පරිපථවල දක්වා ඇත.
මෙහිදී යොදවා ඇත්තේ Si දියෝඩද, ඒවායේ ඉදිරි වෝල්ටීයතා පාතනය 0.7 V ද නම්,



i. (a) පරිපථයේ ඇති L උපකරණය වෙත ලැබෙන වෝල්ටීයතාව කොපමණද ?
ii. (b) පරිපථයේ ඇති L උපකරණය වෙත ලැබෙන වෝල්ටීයතාව කොපමණද ?
iii. දියෝඩ පරිපූර්ණ නම් එක් එක් දියෝඩයේ තිබිය යුතු අවම පසු කුළු වෝල්ටියතාව කොපමණද ?
iv. (a) පරිපථයට වඩා (b) පරිපථයේ ඇති වාසියක් සඳහන් කරන්න.

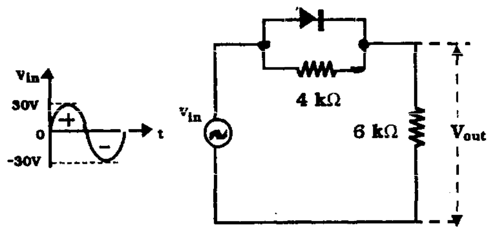
23. **Time target :** 4 minutes

දියෝඩය පරිපූර්ණ එකක් නම්,
i. දියෝඩය හරහා උපරිම ධාරාව
ii. උපරිම පසු වෝල්ටීයතාව
iii. ප්‍රදාන තරංගයෙහි ධන අර්ධ චක්‍රයේදී ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයෙහි උපරිම අගය
iv. ප්‍රදාන තරංගයෙහි ඍණ අර්ධ චක්‍රයේදී ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයෙහි ඍණ උපරිම අගය සොයන්න.



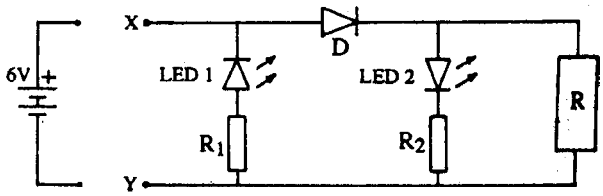
24. **Time target :** 4 minutes

ප්‍රදාන තරංගයෙහි කුළු අගය 30 V ද දියෝඩය පරිපූර්ණ එකක්ද යැයි සලකා,
i. දියෝඩය හරහා උපරිම ධාරාව
ii. ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාවයෙහි ධන කුළු අගය සොයන්න.
iii. ප්‍රදාන තරංගයෙහි ඍණ අර්ධ චක්‍රයේදී ප්‍රතිදාන වෝල්ටී උපරිම අගය සොයන්න.



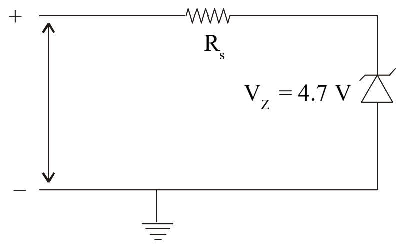
25. **Time target :** 5 minutes

ගුවන් විදුලි යන්ත්‍රයකට ආරක්ෂිත ලෙස 6 V බැටරියක් සම්බන්ධ කිරීම සඳහා සකස් කර ඇති පරිපථයක් පහත දක්වා ඇත. Y ට සාපේක්ෂව X වෙත +6 V විභවය යොමුවූ විට R ගුවන් විදුලි යන්ත්‍රය ක්‍රියා කරයි.



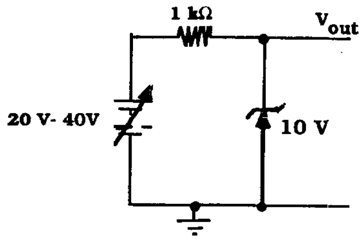
i. බැටරියේ අග්‍ර නිසි ලෙස X හා Y වෙත සම්බන්ධ කළවිට දැල්වෙන්නේ කවර LED යද ?
ii. බැටරියේ අග්‍ර සදොස් ලෙස X හා Y වෙත සම්බන්ධ වුවහොත් ගුවන් විදුලි යන්ත්‍රය තුළින් ධාරාවක් ගලයිද ? ඊට හේතුව කුමක්ද ? මෙවිට දැල්වෙන්නේ කවර LED යද ?
iii. D දියෝඩයේ ඉදිරි වෝල්ටියතා පාතනය 0.7 V නම් බැටරිය නිසි පරිදි සම්බන්ධ කර ඇතිවිට ගුවන් විදුලි යන්ත්‍රය වෙත සැපයෙන වෝල්ටියතාව කොපමණද ?
iv. එක් එක් LED ය ඒ ඒ අවස්ථාවේදී ප්‍රමත තත්වයෙන් දැල්වීම පිණිස R_1 හා R_2 අගයන් කොපමණ විය යුතුද ?
(මෙම LED සඳහා ප්‍රමත වෝල්ටියතා හා ධාරා පිළිවෙලින් 2.5 V හා 10 mA වේ.)
v. ගුවන් විදුලි යන්ත්‍රය සඳහා අවශ්‍ය උපරිම ධාරාව 250 mA නම් D දියෝඩය තුළින් ගලන උපරිම ධාරාව කොපමණද ?

26. **Time target :** 2 minutes



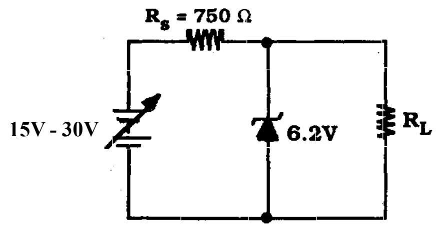
රූපයේ පෙන්වා ඇති සෙනර් දියෝඩය තුලින් ගැලිය හැකි උපරිම සෙනර් ධාරාව 25 mA වේ. පරිපථයේ ප්‍රදාන විභවය 10 V උපරිම අගයක පවතින විට, මෙම පරිපථයෙන් ස්ථායි විභවයක් දියෝඩය හරහා ලබාගැනීමට සුදුසු R_S අගය ගණනය කරන්න.

27. **Time target :** 3 minutes



රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයෙහි
i. ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාව
ii. අවම සෙනර් ධාරාව
iii. උපරිම සෙනර් ධාරාව සොයන්න.

28. **Time target :** 3 minutes



$R_L = 820\ \Omega$ නම්, රූපයේ දැක්වෙන පරිපථයෙහි.
i. R_S හරහා අවම ධාරාව සොයන්න.
මෙවිට,
ii. R_L හරහා ධාරාව
iii. සෙනර් දියෝඩය හරහා ධාරාව සොයන්න.

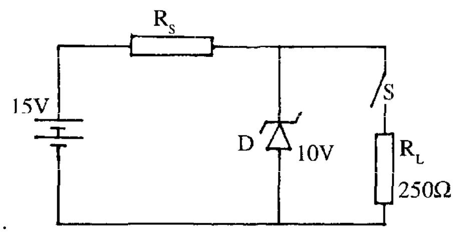
29. **Time target :** 5 minutes

ප්‍රත්‍යාවර්ත විභවයකින් ස්ථායි සරල විභවයක් ලබා ගැනීමට භාවිත කල හැකි පරිපථයක් ඇඳ එක් එක් කොටස නම් කරන්න.

දක්වා ඇති පරිපථයේ D සෙනර් දියෝඩයේ බිඳ වැටුම් වෝල්ටීයතාව 10 V වේ.

i. සෙනර් දියෝඩයේ උපරිම ක්ෂමතාව 500 mW නම් එතුලින් ගලා යා හැකි උපරිම ආරක්ෂිත ධාරාව කොපමණද?

ii. S ස්විච්චය විවෘතව ඇතිවිට,
   a) R_S ආරක්ෂක ප්‍රතිරෝධය හරහා විභව අන්තරය
   b) R_S ප්‍රතිරෝධයේ අගය කොපමණද ?

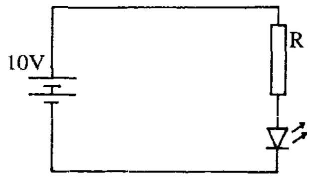


iii. S ස්විච්චය වසා ඇතිවිට,
   a) R_L භාර ප්‍රතිරෝධය තුලින් ගලන ධාරාව කොපමණද
   b) සෙනර් දියෝඩය තුලින් ගලන ධාරාව කොපමණද ?
   c) සෙනර් දියෝඩය ක්‍රියා කරන ක්ෂමතාව කොපමණද .

iv. a) R_L අඩු කළහොත් එතුලින් ගලන ධාරාව වැඩිවේ. මෙලෙස R_L තුලින් ගැලිය හැකි උපරිම ධාරාව කොපමණද ? (ස්ථායිකාරක ක්‍රියාවලිය සඳහා සෙනර් දියෝඩය තුලින් 5 mA අවම ධාරාවක් තිබිය යුතු බව සලකන්න.)
   b) මේ අනුව R_L සඳහා දිය හැකි අවම අගය කොපමණද ?

30. **Time target :** 4 minutes

මෙහි ඇති LED ය ප්‍රමත තත්ත්වයෙන් දැල්වීමට එය හරහා 2.5 V විභව අන්තරයක් යටතේ එතුලින් 15 mA ධාරාවක් ගැලිය යුතුය.



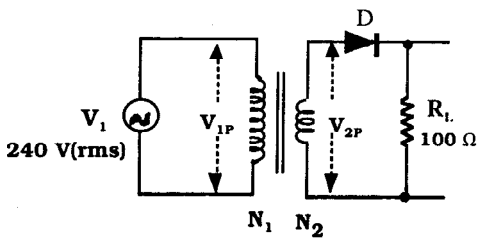
i. වෝල්ටීයතාව 10 V වන බැටරියක් මගින් LED ය ප්‍රමත තත්වයෙන් දල්වා ගැනීමට R සඳහා තිබිය යුතු අගය සොයන්න. (බැටරියේ අභ්‍යන්තර ප්‍රතිරෝධය නොසලකන්න)

ii. මෙහි ඇති තනි LED ය වෙනුවට සමාන්තරගතව සම්බන්ධිත LED පහක් යොදවා ගනු ලැබේ නම් ඒවා ප්‍රමත තත්වයෙන් දැල්වීමට තිබිය යුතු R අගය කොපමණද ? එම ප්‍රතිරෝධයේ අවම ක්ෂමතා අගය කොපමණ විය යුතුද ?

iii. මෙම පරිපථය 5 V ස්ථාවර ප්‍රතිදානයක් ලබාදෙන සරල වෝල්ටියතා යාමක පරිපථයක් බවට පත්කර ගැනීම සඳහා කළයුතු වෙනස්කම් දක්වෙන පරිපථ සටහනක් අඳින්න. ප්‍රතිදාන අග්‍ර පැහැදිලිව දක්වන්න.

31. **Time target :** 4 minutes

රූපයේ දක්වෙන අර්ධ - තරංග සෘජු කාරක පරිපථයේ අවකර පරිණාමකයට සැපයෙන ප්‍රදාන වෝල්ටියතාව 240 V (rms) වේ. පරිණාමකයෙහි පොටවල් අතර අනුපාතය 8 : 1 කි.



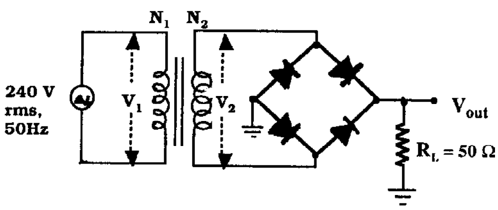
i. ද්විතියික වෝල්ටීයතාවයෙහි කුළු අගය ද

ii. දියෝඩය පරිපූර්ණ බව සලකා භාර ප්‍රතිරෝධය හරහා ඇති උපරිම වෝල්ටීයතාව, සරල ධාරා වෝල්ටීයතාව (V_{dc}) හා සරල ධාරාවද

iii. දියෝඩය හරහා යෙදෙන උපරිම පසු වෝල්ටීයතාවද සොයන්න.

32. **Time target :** 4 minutes

රූපයේ දක්වෙන සේතු සෘජුකාරක පරිපථයේ අවකර පරිණාමකයේ ප්‍රාථමික වෝල්ටීයතාව 240 V (rms) , 50 Hz වේ. පරිණාමකයෙහි පොටවල් අතර අනුපාතය 8 : 1 කි.



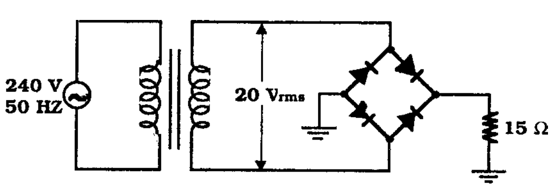
i. ද්විතියික වෝල්ටීයතාවයෙහි කුළු අගයද ?

ii. දියෝඩ පරිපූර්ණ බව සලකා භාර ප්‍රතිරෝධය හරහා ඇති උපරිම වෝල්ටීයතාව, සරල ධාරා වෝල්ටීයතාව (V_{dc}) හා සරල ධාරාවද

iii. එක් එක් දියෝඩය හරහා උපරිම පසු වෝල්ටීයතාවද සොයන්න.

33. **Time target :** 3 minutes

රූපයේ දක්වෙන්නේ පරිපූර්ණ දියෝඩ හතරකින් සෑදූ පූර්ණ තරංග සෘජුකාරක පරිපථයකි.



i. භාරය හරහා සරල ධාරා (dc) වෝල්ටීයතාව

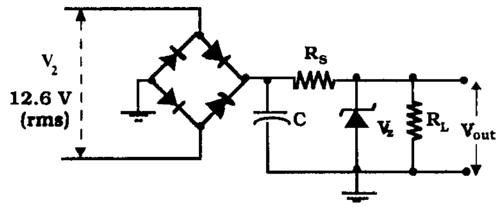
ii. එක් එක් දියෝඩය හරහා යෙදෙන උපරිම පසු වෝල්ටීයතාව සහ

iii. දියෝඩ හරහා ගලන සරල ධාරාව සොයන්න.

34. **Time target :** 5 minutes

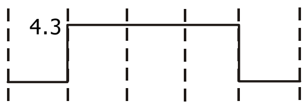
රූපයේ දැක්වෙන සේතු සෘජුකාරක පරිපථයෙහි පූර්ණ ලෙස සෘජුකරණය වූ ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාව සුමටනය කිරීම සඳහා C ධාරිත්‍රකයක්ද ප්‍රතිදාන වෝල්ටීයතාව යාමනය කිරීම සඳහා සෙනර් දියෝඩයක්ද ඇතුළත් කොට ඇත. අවකර පරිණාමකයෙන් ලැබෙන ද්විතීයික වෝල්ටීයතාව $V_2 = 12.6$ Vrms වේ. සෙනර් වෝල්ටීයතාව 6.8 V ද, $R_S = 1\ k\Omega$ ද, $R_L = 1.2\ k\Omega$ ද වේ නම්,

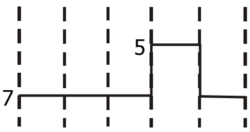
i. ද්විතීයික වෝල්ටීයතාවෙහි කූළු අගය.
ii. ධාරිත්‍රකය හරහා (සුමටනය වූ) සරල ධාරා (dc) වෝල්ටීයතාවෙහි ආසන්න අගය. (රැළිති ස්වභාවය නොසලකා හරින්න)
iii. R_S ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධය හරහා ධාරාව.
iv. R_L භාර ප්‍රතිරෝධකය හරහා ධාරාව සහ
v. සෙනර් ධාරාව සොයන්න.



පිළිතුරු

01. i. n වර්ගය ii. $10^{22}\ m^{-3}$ iii. $10^{22}\ m^{-3}$
03. i. පසු නැඹුරු ii. පෙර නැඹුරු iii. පසු නැඹුරු iv. පසු නැඹුරු
04. i. 5V , 1 mA ii. 0 , 0 05. 150 Ω 06. 0.8 mA
07. i. a. 1 mA b. 50 mA ii. a. 0.93 mA b. 49.4 mA
08. 5 Ω 09. 2.07 mA 10. 5 mA
11. i. D_1 : 10mA , D_2 : 0 ii. 10 V iii. 10 V 12. 0.25 A
13. i. D_2 ii. D_1 : 3V, D_3 : 4V iii. 2 mA iv. 5V

14. 

15. 

16. i. Si ii. 52 Ω , 0.52 W 17. a) B_1 හොඳින් දැල්වේ, B_2 නොදැල්වේ
b) B_1 හොඳින් දැල්වේ. B_2 නොදැල්වේ c) B_1 හා B_2 දෙකම අඩු දීප්තියෙන් දැල්වේ.
18. සමාන්තරගතව, 40 Ω, 40 Ω 19. i. 7.6 mA , 0 ii. 8.4 mA , 0
21. 15 V , 1.5 mA , 15 V 22. i. 11.3 V ii. 10.6 V iii. 12 V
iv. සැපයුමෙහි අග්‍ර මාරු වුවද b හි දී L උපකරණය ක්‍රියා කරයි.
23. i. 6.67 mA ii. 14 V iii. 0 iv. 14 V
24. i. 5 mA ii. 30 V iii. 18 V
25. i. LED 2 ii. නොගලයි , D පසු නැඹුරු බැවිනි , LED 1
iii. 5.3 V iv. R_1 = 350 Ω , R_2 = 280 Ω v. 260 mA
26. 212 Ω 27. i. 10 V ii. 1 mA iii. 3 mA
28. i. 11.73 mA ii. 7.56 mA iii. 4.17 mA 29. i. 50 mA
ii. a) 5 V b) 100 Ω iii. a) 40 mA b) 10 mA
c) 100 mW iv. a) 45 mA b) 222.2 Ω
30. i. 500 Ω ii. 100 Ω
31. i. 42.5 V ii. 42.5 V , 13.5 V , 135 mA iii. 42.5 V
32. i. 42.5 V ii. 42.5 V , 27.1 V , 0.542 A iii. 42.5 V
33. i. 18 V ii. 28.3 V iii. 1.2 A
34. i. 17.8 V ii. 17.8 V iii. 11 mA iv. 5.67 mA
v. 5.33 mA