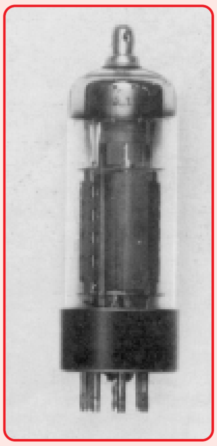
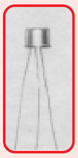
ට්‍රාන්සිස්ටරය / Transistor

අතීතයේ ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ සහ ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ සඳහා යොදා ගනු ලැබුවේ රික්ත කපාටයයි. (vaccum tube). එය 1906 වසරේදී එංගලන්තයේදී නිර්මාණය වුවකි. සාමාන්‍ය ව්‍යවහාරයේදී අපි මේවා වැල්ව් යන නමින් හඳුන්වන්නෙමු. රික්ත කපාට ප්‍රමාණයෙන් විශාල වීමත්, ක්‍රියා කරවීමට අධි වෝල්ටීයතාවයක් අවශ්‍යවීමත්, ක්‍රියා කරන විට අධික තාපයක් පිට වීමත්, ඒවායේ ෆිලමන්ට් රත් වී ක්‍රියාත්මක වීමට යම් කාලයක් අවශ්‍ය හෙයින් ක්‍ෂණිකව පරිපථය ක්‍රියා කල නොහැකිවීමත්, වැනි දුර්වලතා රාශියක් නිසා එය සම්පූර්ණයෙන්ම ඉවත් කර එම ක්‍රියාකාරිත්වය ඇති වෙනත් උපකරණයක් සොයා ගැනීම අත්‍යවශ්‍ය විය.

ඉහත විස්තර කල ගැටලු සඳහා අර්ධසන්නායක සොයා ගැනීම් මගින් සාර්ථක පිලිතුරු ලැබුනි. නිදසුනක් ලෙස ප්‍රත්‍යවර්තක ධාරා සරල ධාරා කර ගැනුමට යෙදුනු රෙක්ටිෆයර් වැල්වය සඳහා එමෙන් සිය ගුණයකින් පමණ කුඩා වූ, අර්ධසන්නායක නිපයුමක් වන ඩයෝඩය යෙදිය හැකි විය. එහෙත් ඩයෝඩයක් ආශ්‍රයෙන්, පහත් සංඛ්‍යාත සහ උච්ච සංඛ්‍යාත වර්ධක ලෙස යෙදෙන ට්‍රයෝඩ සහ පෙන්ට්‍රොඩ් වැල්ව් වල (Triode and Pentrode valves) ක්‍රියාකාරිත්වය මෙමගින් ලබා ගත නොහැකි විය.

අර්ධසන්නායක සහ අර්ධසන්නායක ඩයෝඩ් පිළිබඳව තව දුරටත් පරීක්‍ෂණ ලොව තැනින් තැන සිදුවෙමින් පැවතුන අතර අමෙරිකාවේ බෙල් විද්‍යාගාරය එවැනි එක් තැනක් විය. 1948 වසරේදී මෙම ඩයෝඩ් පිළිබඳව කෙරුනු පරීක්‍ෂණ වලදී අහම්බෙන් මෙන් ට්‍රයෝඩ් සහ පෙන්ට්‍රෝඩ් වැල්ව් වල ක්‍රියාකාරිත්වයට සමකල හැකි ඉතා අගනා අර්ධසන්නායක උපාංගයක් සොයා ගැනීමට විද්‍යාඥයින් තිදෙනෙකුට හැකි විය. එය සොයාගත් ජෝන් බාර්ඩීන්, විලියම් ෂොක්ලි, වෝල්ටර් බ්‍රැටේන් යන විද්‍යාඥයින් තිදෙනා අතින් මෙය අහම්බෙන් බිහිවූවක් ලෙස ඉතිහාසයේ දැක්වේ.

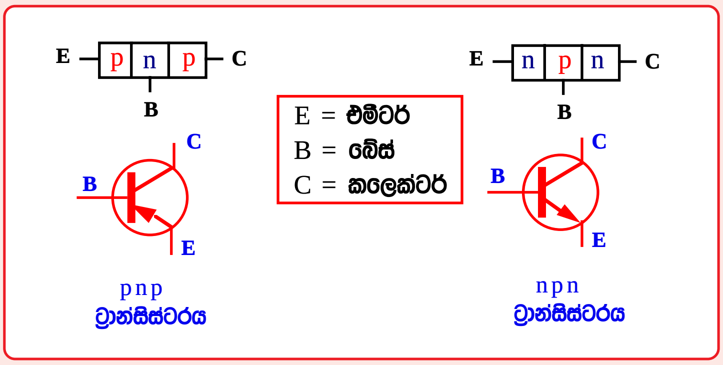




මෙම සටහන වම් පසින් වර්ධක නැත්නම් ඇම්ප්ලිෆයර්වල අවුට් පුට් කොටස සඳහා යෙදෙන පෙන්ට්‍රෝඩ් වැල්වයක් පෙන්වා ඇති අතර එයට දකුණු පසින් දක්වා ඇත්තේ ඒ සඳහා පසුව භාවිතා වූ ට්‍රාන්සිස්ටරයකි. අනෙකුත් කරුණු අමතක කර මේවා අතර පවතින ප්‍රමාණයේ වෙනස ගැන පමණක් සිතා බැලීමෙන්ම ට්‍රාන්සිස්ටරයක ඇති අගය වටහා ගත හැකි වෙයි.

ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරී මූල ධර්මය වටහා ගෙන සිටීම සංකීර්ණ ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ පවා වටහා ගැනීමට ඉතා උපකාරී වෙයි. ඒ සඳහා අපි මුලින්ම ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යනු කුමක්ද එයින් කල හැකි දෑ කුමක්ද යන්න වටහා ගෙන සිටිය යුතුය.

pnp සහ npn ට්‍රාන්සිස්ටර



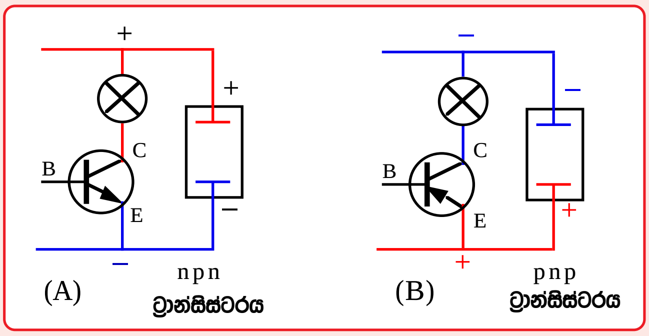
අර්ධ සන්නායක P සහ N කන්ඩක්ටර් විශේෂ ක්‍රමයකින් බද්ධ කිරීමෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරය නිමවා තිබෙයි. මේ සඳහා කන්ඩක්ටර් කොටස් තුනක් අවශ්‍ය කෙරෙයි. ඉහත සටහනේ දැක්වෙන අයුරු එක වර්ගයක කන්ඩක්ටර් කොටස් දෙකක් දෙපස තබා අනෙක් කන්ඩක්ටර් වර්ගය මධ්‍යයට තබා ඉතා සංකීර්ණ ක්‍රමයකින් බද්ධ කිරීමෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරය නිමවිය හැකි වෙයි. මේ අනුව ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්ග දෙකක් නිපදවිය හැකිය. එනම් P කන්ඩක්ටර් දෙකක් මධ්‍යයේ N කන්ඩක්ටර් කොටසක් තැබීමෙන් PNP ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්ගයද, N කන්ඩක්ටර් කොටස් දෙකක් මධ්‍යයේ P කන්ඩක්ටරයක් තැබීමෙන් NPN ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්ගයද නිපදවෙයි. පෙර PNP ට්‍රාන්සිස්ටර් ජර්මේනියම්

අර්ධසන්නායකයෙන්ද, NPN ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්‍ග සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයෙන්ද නිපදවුන නමුත් අද pnp ට්‍රාන්සිස්ටර නිපදවීම සඳහා සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයද යොදා ගැනෙයි. උෂ්ණත්වයට ඔරොත්තු දීම වැනි ගුණ අතින් සිලිකන්, ජර්මේනියම් වලට වඩා ඉදිරියෙන් සිටින බැවින් මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් දෙවර්‍ගයෙන් සිලිකන් අර්ධ සන්නායකයෙන් තැනූ NPN වර්‍ගය අද වඩාත් භාවිතයට ගැනෙයි.

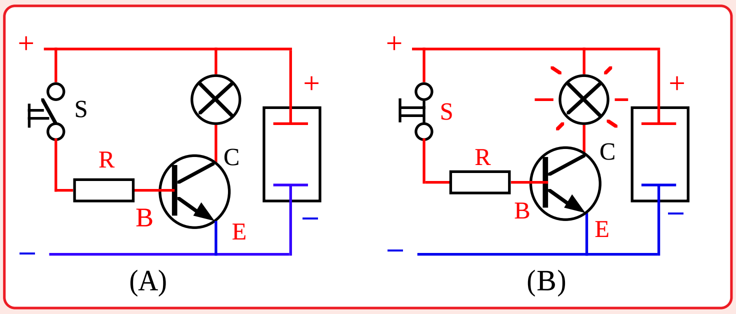
ට්‍රාන්සිස්ටරයක් තුල ඇති අර්ධසන්නායක කොටස් තුනට වෙන් වෙන්ව සම්බන්ධ වු අග්‍ර තුනක් ට්‍රාන්සිස්ටර් කොපුවෙන් පිටතට පැමිණ තිබෙයි. පරිපථ සඳහා සම්බන්ධ වන්නේ මෙම අග්‍ර තුනයි. මේවා එමිටර් (Emiter) කලෙක්ටර් (Collector) බේස් (Base) යන නම් වලින් හැඳින්වෙයි. PNP සහ NPN ට්‍රාන්සිස්ටර් හඳුන්වන සංකේත දෙකත්, එම සංකේත තුළින් මෙම අග්‍ර හඳුනාගන්නා ආකාරයත් සටහනේ පෙන්වා ඇත.

■ ට්‍රාන්සිස්ටරය ස්විචයක් ලෙස යෙදීම

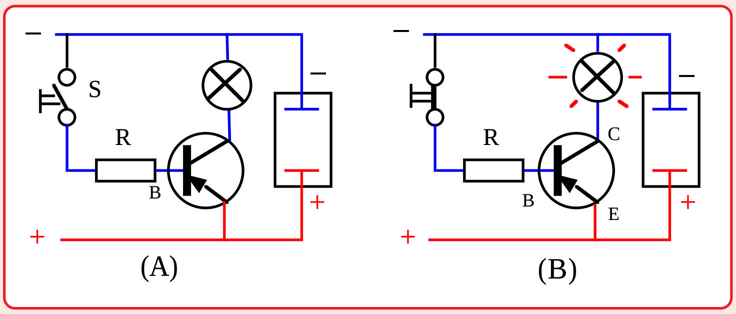
ට්‍රාන්සිස්ටරයද එක්තරා අන්දමක ස්විචයකි. එහි එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා සම්බන්ධ වු වැඩි ධාරාවක පරිපථයක් බේස් සහ එමිටර් අතර යැවෙන සුලු ධාරාවකින් පාලනය කල හැක. ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යොද කුඩා බල්බයක් ක්‍රියා කරවීමට සකස් කල පරිපථයක් ඇසුරින් මෙය වටහා ගනිමු.



මෙම A සටහනේ NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයකද, B සටහනේ PNP ට්‍රාන්සිස්ටරයකද බල්බයක් දැල්වීම සඳහා ස්විචයක් ලෙස යොද ගැනීමට එමිටර සහ කලෙක්ටර අග්‍ර සම්බන්ධ කරන අයුරු දක්වා ඇත. ට්‍රාන්සිස්ටර වර්‍ගය අනුව බැටරි අග්‍රද මාරුවිය යුතු බව මෙම සටහන පෙන්වා දෙයි. මෙම සටහන් දෙකෙහිම බල්බය නොදැල්වෙන අතර එයට හේතුව එමිටර් සහ කලෙක්ටර් අග්‍ර එකිනෙක විසන්ධිව තිබීමයි. එම සම්බන්ධය ඇති කිරීමට බේස් සහ එමිටර් හරහා සුලු ධාරාවක් ගමන් කරවිය යුතුය. මෙහිදි NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයේ එමිටර් අග්‍රය බැටරි සෘන අග්‍රයට ස්ථිරව සම්බන්ධව ඇති නිසා එහි බේස් එමිටර් හරහා ධාරාවක් ගමන් කරවීමට බේස් අග්‍රයට සැපයිය යුත්තේ ධන අග්‍රයකි. එහෙත් PNP ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටරය ධන අග්‍රයට සම්බන්ධ නිසා එහි බේස් අග්‍රය සෘන අග්‍රයට සම්බන්ධ විය යුතුය. ඒ අනුව අපි මෙම පරිපථය සම්පූර්ණ කරමු.

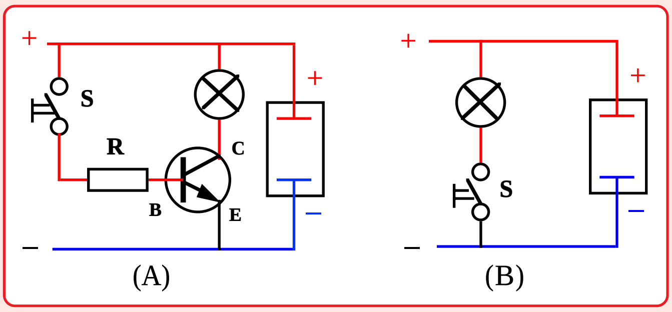


මෙම සටහනේ ට්‍රාන්සිස්ටරයක් ස්විචයක් ලෙස ක්‍රියාකරන අයුරු පැහැදිළි කිරීමට යොදාගෙන ඇත්තේ npn ට්‍රාන්සිස්ටර පරිපථයකි. මෙහි A සටහනේ ට්‍රාන්සිස්ටරයේ එමිටර කලෙක්ටර අග්‍ර සඳහා නියමිත අයුරු විදුලි අග්‍ර සම්බන්ධව තිබුනත් බල්බය නොදැල්වෙන්නේ එහි බේස් අග්‍රය ධන අග්‍රයට සම්බන්ධව නොමැති හෙයිනි. එහෙත් B සටහනේ ස්විචය හරහා බේස් අග්‍රය ධන අග්‍රයට සම්බන්ධව ඇති හෙයින් ට්‍රාන්සිස්ටරය ක්‍රියාත්මක වී එනම් එමිටර කලෙක්ටර සම්බන්ධය ඇති වී බල්බය දැල්වෙයි. මේ අනුව S සවිචය ක්‍රියා කරවීමෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරය හරහා බල්බය නිවීම සහ දැල්වීම කළ හැක. ට්‍රාන්සිස්ටරයක් ස්විචයක් ලෙස ක්‍රියාකරන්නේ මේ ආකාරයටය.



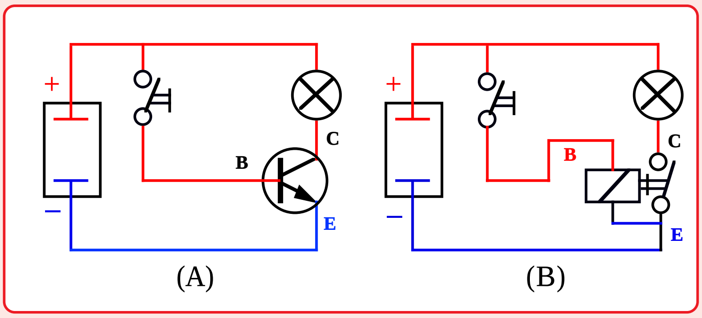
මෙයට පෙර පරිපථයම pnp ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යොදා මෙම සටහනෙන් දක්වා ඇත. මෙය pnp ට්‍රාන්සිස්ටරයක් බැවින් එහි බේස් අග්‍රයට S ස්විචය හරහා සපයා ඇත්තේ සෘන අග්‍රයකි. එසේම පෙර සටහනට වෙනස් ලෙස එනම් එමිටර් අග්‍රයට ධන අග්‍රයත් කලෙක්ටර් අග්‍රයට සෘණ අග්‍රයත් ලෙස pnp ට්‍රාන්සිසටර වලට අග්‍ර සම්බන්ධ විය යුතු බව මෙම සටහන පෙන්නුම් කරයි.

ට්‍රාන්සිස්ටරය රිලේ ඒකකයකට සමවන අයුරු



ට්‍රාන්සිස්ටරය ස්විචයක් ලෙස යොදාගැනීම පිළිබඳව මෙතෙක් කල විස්තර තුලින් මතුවිය හැකි ගැටළුවක් උපුටා දැක්වීමට ඉහත සටහන ඉදිරිපත් කර ඇත. එනම් මෙම A සටහනෙන් දැක්වෙන අයුරු ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යෙදීමෙන් අප බලාපොරොත්තු වන්නේ බල්බය නිවීම දැල්වීම නම් B සටහන අයුරු S ස්විචය යෙදීමෙන් පමණක් වුවද එයම කරගත හැක. එසේ නම් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යොදාගැනීමෙන් බලාපොරොත්තු වන්නේ කුමක්ද?

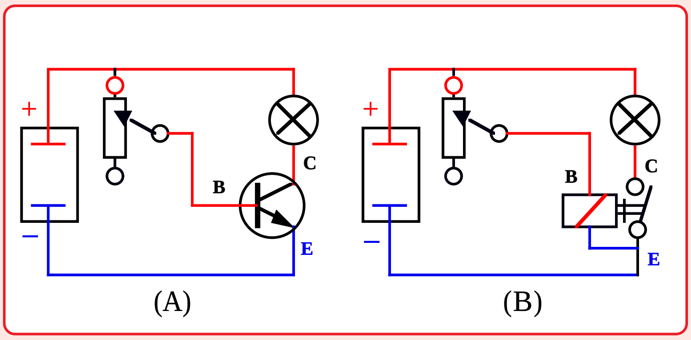
ඉහත සටහනේ බල්බය උරා ගන්නා වැඩි ධාරාව ට්‍රාන්සිස්ටරයේ එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා ගලා යන නමුත්, ස්විචය හරහා බේස් ධාරාව ලෙස ගලා යන්නේ ඉතාමත්ම සුළු ධාරාවකි. එනම් ට්‍රාන්සිස්ටරය රිලේ ස්විචයක් ලෙස ක්‍රියා කරයි. ස්විචයට අමතරව ට්‍රාන්සිස්ටරයක් යෙදීමේ වාසිය එයයි. ට්‍රාන්සිස්ටර පරිපථයක් එවැනි රිලේ පරිපථයක් හා සසඳමින් එය වටහා ගැනුමට උත්සාහ ගනිමු.



ට්‍රාන්සිස්ටරයද එක්තරා ආකාරයක රිලේ ඒකකයක් බව ඉහත සඳහන් වුනි. ඒ අනුව රිලේ ඒකකයක් ට්‍රාන්සිස්ටරයකට සමාන කර ඉහත B සටහන නිර්මාණය කර ඇත. දැන් මෙම පරිපථ දෙකෙන්ම කෙරෙන්නේ එකම කාර්යයකි. රිලේ ඒකකයක් ස්විචයක් ලෙස යොදාගැනුමේදී අඩු ධාරාවක් යොදා වැඩි ධාරා පරිපථයක් ක්‍රියාකරවිය හැකි වුවාක් මෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරයද පරිපථයකට යොදාගත් පසු අඩු බේස් එමිටර ධාරාවක් සපයා වැඩි එමිටර් කලෙක්ටර් ධාරාවක පරිපථයක් බිඳිය හැකිවෙයි. එහෙත් මෙහිදී කරුණු කිහිපයක් අතින් ට්‍රාන්සිස්ටරය රිලේ ඒකකය අභිබවා සිටියි. එනම් රිලේ ඒකකය ක්‍රියා කිරීමේදී එහි කන්ටැක්ට් අතර ස්පාර්ක් වීමක් ඇති කරන නමුත් ට්‍රාන්සිස්ටරය කිසිඳු පුළිඟුවක් නොමැතිව පරිපථ බිඳිනු ලබයි. තවද රිලේ ඒකකයක් තුලින් විනාඩියක් තුල ලබා ගත හැකි බිඳුම් වාර ගනන මෙන් අති විශාල ගුණයකින් වැඩි වු බිඳුම් වාර ගනනක් ට්‍රාන්සිස්ටර් ස්විචයකින් ලබා ගත හැකි වෙයි. එමෙන්ම එහි යාන්ත්‍රික ක්‍රියාකාරිත්වයක් නොමැති හෙයින් කොටස් ගෙවීයාමක්ද නොමැතිව සම්පූර්ණයෙන්ම නිහඬ ලෙස ක්‍රියාකරයි. තවද එය මිලෙන් අඩුවනවාසේම ප්‍රමාණයෙන්ද කුඩාය. මෙහි ඇති එකම අඩුපාඩුවක් ලෙස දැක්විය හැක්කේ රිලේ කන්ටැක්ට් හරහා කිසිඳු වෝල්ටියතා බැස්මකින් තොරව ධාරාවක් ගමන් කළ හැකි නමුත් ට්‍රාන්සිස්ටර ස්විචයක් හරහා ධාරාවක් ගමන් කර වීමේදී ඉතා සුළු වෝල්ටියතා බැස්මක් ඇති වීමයි.

ට්‍රාන්සිස්ටරය වර්ධකයක් ලෙස යොදා ගැනීම

ට්‍රාන්සිස්ටරය රිලේ ඒකකයකට සමාන නම් ට්‍රාන්සිස්ටර වෙනුවට රිලේ ඒකක යොදා අපට රේඩියෝවක් හෝ ඇම්ප්ලිෆයරයක් සාදා ගත හැකි විය යුතුය. එහෙත් එය කළ නොහැකි දෙයකි. එසේනම් රිලේ ඒකකයක් ලෙස ක්‍රියාකරන අතරම තවත් එවැනි යම් යම් ක්‍රියාකාරිත්වයන් ට්‍රාන්සිස්ටරයකින් ලබාගත හැකිබව ඉන් අපට පෙනේ. පහත සටහනෙන් එය පෙන්වා දී තිබේ.



මෙම A සටහනේ ට්‍රාන්සිස්ටරයට බේස් ධාරාව සපයා ඇත්තේ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් (Variable Resistor) හරහාය.විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් යනු වොලියුම් කොන්ට්‍රෝලයක් බඳු අගය වෙනස් කල හැකි ප්‍රතිරෝධකයකි. එමගින් ප්‍රතිරෝධක අගය වෙනස් කර බේස් ධාරාව අඩුවැඩි කරන විට බල්බයේ එළියද ඒ අනුවම අඩු වැඩි වීම මෙම පරිපථයේ ඇති විශේෂයයි. ඇත්තවශයෙන්ම ට්‍රාන්සිස්ටරයක ඇති වටිනාම ක්‍රියාකාරිත්වයද මෙයම වේ. රිලේ ඒකකයක් සම්පූර්ණයෙන්ම ට්‍රාන්සිස්ටරයකට සමකල නොහැක්කේ මෙම ගුණය රිලේ ඒකකයක නොමැති බැවිනි. ඉහත B සටහන මගින් එය තවදුරටත් වටහාගත හැක. එනම් එහි ඇති විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකය මගින් බල්බයේ එළිය වෙනස් කල නොහැකි අතර එකවරම එළිය උපරිම අයුරින් වැඩි වීම හෝ එකවරම නිවී යාම පමණක් සිදු වෙයි.

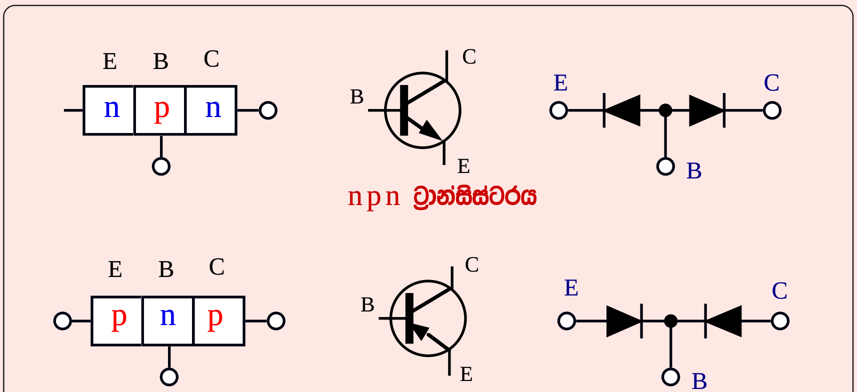
අප මෙතෙක් ඉගෙන ගත් කරුණු අනුව ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරිත්වය පිළිබඳ තරමක් දුරට වටහා ගත හැකි විය. එනම් එය මගින් විශාල ධාරාවක් බිඳීම හෝ අඩු වැඩි කිරීම සුලු ධාරාවක් මගින් පාලනය කල හැකිවේ. මෙයින් ට්‍රාන්සිස්ටරය සාමාන්‍ය රිලේ ස්විච්චයකට සම කල හැක්කේ කුඩා ධාරාවකින් විශාල ධාරාවක් බිඳීමට ඇති හැකියාව මත පමණි. රිලේ ස්විච්චයකින් තරම් අති විශාල ධාරාවක් බිඳීමට ට්‍රාන්සිස්ටරය අපොහොසත් වුනත්, යම් කාලයක් තුල රිලේ ස්විච්චයකින් පරිපථයක් බිඳිය හැකි සහ සම්බන්ධ කල හැකි උපරිම වාර ගනනට වඩා සිය ගුණයකින් පමණ වැඩිවූ වාර ගණනක් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් මගින්, කිසිදු ස්පාර්ක් වීමක් නොමැති ව බිඳිය හැකිවේ.

රිලේ දඟරයට සපයන ධාරාව අඩු වැඩි කිරිමෙන් එහි කන්ටැක් පුඩු හරහා ගලන ධාරාවේ අඩු වැඩි වීමක් කල නොහැකි අතර කල හැක්කේ පරිපථය බිඳීම හා ඇති කිරීම පමණි. එහෙත් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් ඇද ගන්නා සුලු බේස් ධාරාව අඩු වැඩි කිරීමෙන් එයට අනුකූලව එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා ගලන විශාල ධාරාව ඉතා සුමට ලෙස අඩු වැඩි කල හැකි වේ. තරංග හැඩයේ කිසිදු වෙනසක් නොවනසේ ඉතා දුර්වල විදුලි සංඥා ආදිය මේ මගින් ප්‍රබල තරංග බවට පත් කිරිමේ හැකියාව (amplification) ට්‍රාන්සිස්ටරය සතු වීම එහි අගය වැඩි වීමට ප්‍රධාන හේතුවයි. තවද රිලේ ඒකකයක් ක්‍රියාකරවීම එහි චුම්බක දඟරයට ඉතා දුර්වල ධාරාවක් සැපයීමෙන් කල නොහැකි නමුත් ට්‍රාන්සිස්ටරයක එය කරගත හැකිවේ.

ට්‍රාන්සිස්ටරයක නිර්මාණය

ඩයෝඩ් නිර්මානයේදී කලාක් මෙන්ම P කන්ඩක්ටර් සහ N කන්ඩක්ටර් එකට එකතු කර ට්‍රාන්සිස්ටර් නිපදවීම සිදු කෙරෙයි. මෙම කන්ඩක්ටර් එකතු කරන ආකාරය අනුව PNP සහ NPN වශයෙන් ට්‍රාන්සිස්ටර් දෙවර්ගීය සෑදෙන බව මෙයට පෙර සඳහන් විය.

pnp සහ npn ට්‍රාන්සිස්ටර නිර්මාණය

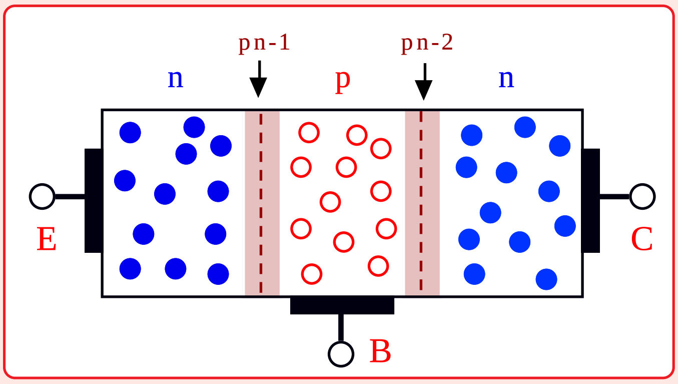


npn ට්‍රාන්සිස්ටරය
pnp ට්‍රාන්සිස්ටරය

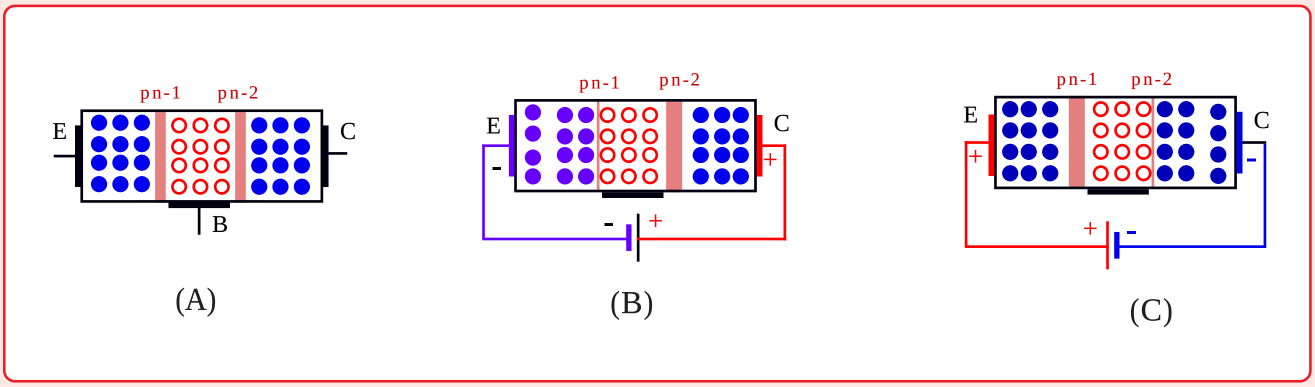
ඉහත සටහන දෙස බලන විට P කන්ඩක්ටර් කොටසක් දෙපස N කන්ඩක්ටර් කොටස් දෙකක් එකතු කිරීමෙන් NPN ට්‍රාන්ස්සිටරයද, N කන්ඩක්ටර කොටසක් දෙපස P කන්ඩක්ටර් කොටස් දෙකක් එකතු කිරීමෙන් PNP ට්‍රාන්සිස්ටර්ද නිපදවා ඇති බව පෙනී යනු ඇත. N සහ P කන්ඩක්ටර් කොටස් දෙකක් එකතු වීමෙන් තනි ඩයෝඩයක් සෑදෙන බව අපි දනිමු. මේ අනුව NPN හෝ PNP ට්‍රාන්සිස්ටර් සෑදී ඇත්තේ ඩයෝඩ් දෙකක එකතුවකින් බව සටහනේ පසෙකින් පෙන්වා තිබේ. මෙම ට්‍රාන්සිස්ටර් දෙවර්ගයේම ඇත්තේ එකම ක්‍රියාකාරීත්වයක් බැවින්ද, ඒ අතුරින් ඉලෙක්ට්‍රොනික් වැඩ කටයුතු සඳහා වැඩි වශයෙන්ම යොදා ගන්නේ NPN ට්‍රාන්සිස්ටර් බැවින්ද, අපිද අපගේ නිදසුන් සඳහා මෙතැන් සිට NPN ට්‍රාන්සිස්ටර් වර්ගයම යොදා ගනිමු.

ඩයෝඩ් දෙකක එකතුවකින් NPN හෝ PNP ට්‍රාන්සිස්ටර් දෙක සෑදෙන බව ඉහත සටහන් වල පහතින් පෙන්වා ඇති මුත් ඩයෝඩ් දෙකක් එම ආකාරයට සම්බන්ධ කිරීමෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරිත්වය ලබා ගත නොහැක. එසේ නම් ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරිත්වය ලබා ගැනීමට මෙම කන්ඩක්ටර් තුන් කොටස එක්කල යුත්තේ කෙසේද? NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයක් මගින් අපි එය වටහා ගැනීමට උත්සාහ ගනිමු.

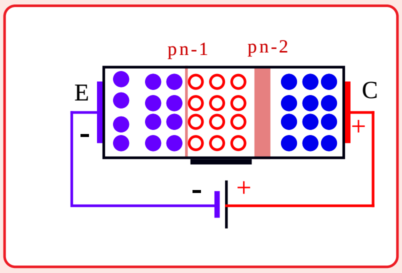
■ ට්‍රාන්සිස්ටරයක අභ්‍යන්තර ක්‍රියාකාරීත්වය



N කන්ඩක්ටර දෙකක් මධ්‍යයේ P කන්ඩක්ටරයක් තබා npn ට්‍රාන්සිස්ටරය නිපදවූ පසු එම කන්ඩක්ටර කොටස් තුන අතර pn සන්ධි දෙකක් ඇති වෙයි. ඩයෝඩයක් තැනීමේදී P සහ N කන්ඩක්ටර දෙකක් අතර PN සන්ධියක් ඇතිවන ආකාරයටම මෙහිදීද මෙම සන්ධි සකස් වේ. ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටරය සහ කලෙක්ටරය අතර ධාරාවක් ගමන් කරන්නේ බේස් එමිටර් අග්‍ර අතර ධාරාවක් ගමන් කරවන විටදී පමණක් බව මෙයට පෙර සඳහන් වුනි. එසේ නොමැතිව එමිටර් කලෙක්ටර් අතර ධාරාවක් එකම පැත්තකටවත් ගලා නොයන්නේ මන්දැයි මීලඟට සොයා බලමු.

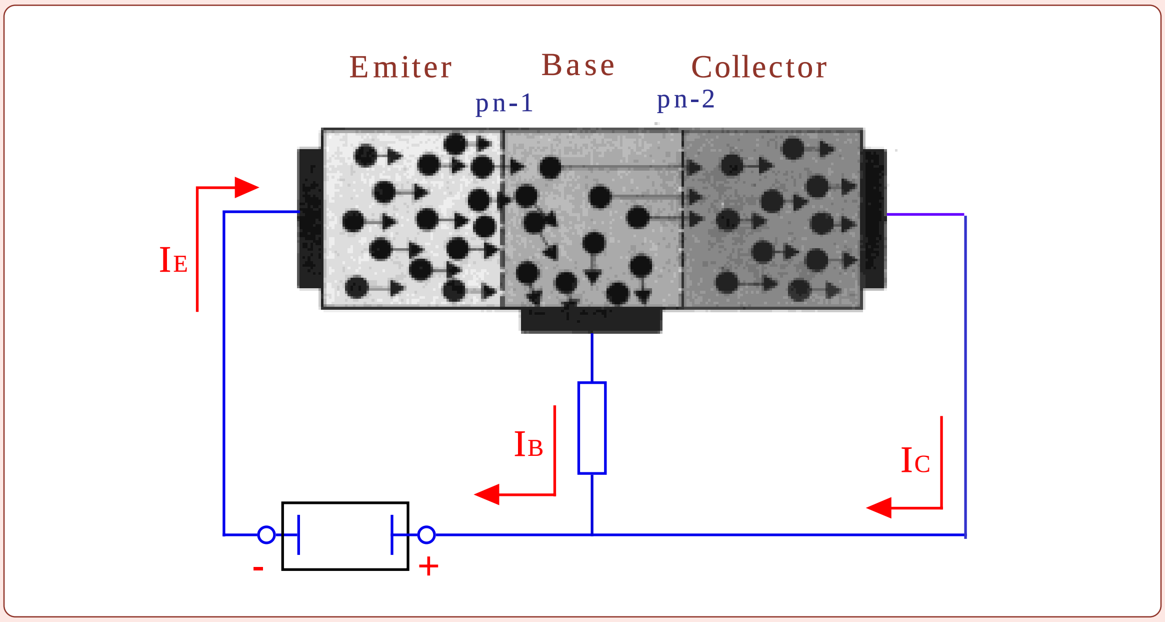


ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා ධාරාව ගලා යාමට බාධාවන සේ පිහිටා ඇති PN සන්ධි දෙක මෙම A සටහනේ පෙන්වා ඇත. අපි ඒවා PN1, PN2 යනුවෙන් හඳුන්වමු. මෙම ට්‍රාන්සිස්ටරයේ එමිටර් කලෙක්ටර් අතර ධාරාවක් ගමන් කරවීමට ගන්නා උත්සාහයක් B සහ C සටහන් මගින් පෙන්නුම් කරයි. එහිදී බාහිර සැපයුමක් එමිටරයට ඍණ අග්‍රයද, කලෙක්ටරයට ධන අග්‍රයද ලැබෙන සේ C සටහනේ සම්බන්ධ කර ඇති අතර එහිදී PN1 සන්ධිය ඉවත්වී ඇතත් PN2 සන්ධිය තව දුරටත් පළල් වී එමගින් ධාරාව ගැලීම නවත්වා ඇත. බැටරි අග්‍ර මාරු කර එනම් කලෙක්ටරයට ඍණ අග්‍රයත් එමිටරයට ධන අග්‍රයත් ලෙස සම්බන්ධ කර C සටහනේ අයුරු නැවතත් මෙම උත්සාහය ගතහොත් එවිට PN2 සන්ධිය ඉවත් වී PN1 සන්ධිය වඩාත් පළල් වී ධාරාව ගැලීම නතර කරලයි. එනම් ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටරය සහ කලෙක්ටරය පමණක් ගත් විට ඒ හරහා එකම අතකටවත් ධාරාවක් ගමන් කරවිය නොහැකි වෙයි. මෙය වටහා ගැනුමට ඉහත B සටහන නැවතත් නිදසුනක් ලෙස අර ගනිමු.



මෙම සටහන අයුරු එමිටරයට ඍණ අග්‍රයත් කලෙක්ටරයට ධන අග්‍රයත් සම්බන්ධ කල විට බැටරි ඍණ අග්‍රයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන එමිටර කොටස ඇතුලු කරනු ලබයි. එවිට එමිටර කොටසේ ඉලෙක්ට්‍රෝන පීඩනය වී PN1 සන්ධිය අසලට ඉලෙක්ට්‍රෝන රොක් වෙයි. එම ඉලෙක්ට්‍රෝන මගින් බේස් කොටසේ ධන ආරෝපිත සිදුරු වෙත දක්වන ආකර්ශනය නිසා එම සිදුරු ද PN1 සන්ධිය අසලට අනෙක් පසින් රොක් වෙයි. මෙලෙස සන්ධිය එක පසකින් ඉලෙක්ට්‍රෝනද, අනෙක් පසින් සිදුරුද තද වීම නිසා එම ලේයරය ඉතා සිහින් වෙයි. මේ අතරම PN2 සන්ධිය වඩාත් පුළුල් වෙයි. එයට හේතුව බේස් කොටසේ ධන ආරෝපිත සිදුරු එමිටරය දෙසට ඇදී යාමත්, කලෙක්ටර කොටසේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන එයට සම්බන්ධ බැටරි ධන අග්‍රය දෙසට ආකර්ශනය වීමත් නිසාය.

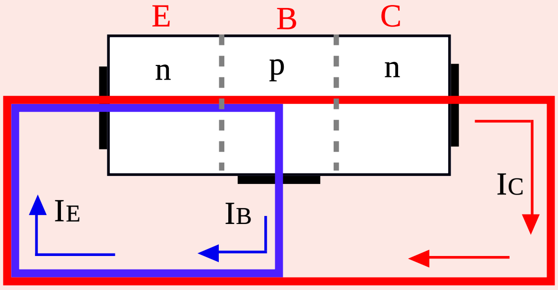
මෙලෙස PN2 සන්ධිය පළල්වී හොඳ පරිවාරකයක් වීමෙන් ධාරාව ගමන් කිරීම වලක්වා ඇති අතර PN1 සන්ධිය ඉවත් වුවද ඒ හරහා බැටරි ධාරාවක් ගමන් කිරීමක් සිදු නොවෙයි. බැටරි අග්‍ර මාරු කල විටද මෙලෙසම PN2 සන්ධිය ඉවත් වුවත් PN1 සන්ධිය පළල් වීමෙන් මෙයට විරුද්ධ අතටද ධාරාව ගලා නොයයි. එහෙත් ට්‍රාන්සිස්ටරයක බේස් එමිටර් අග්‍ර හරහා සුළු ධාරාවක් ගමන් කරවීමෙන් එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා වැඩි ධාරාවක් ගමන් කරවිය හැකි බවත් එමගින් ට්‍රාන්සිස්ටරය ස්විචයක් ලෙස භාවිතා කල හැකි ආකාරයත් පෙර නිබන්ධන තුලින් විස්තර විය. බැටරි සැපයුමෙන්ම කුඩා වෝල්ටීයතාවයක් බේස් අග්‍රයට සපයා එහිදී මෙම ක්‍රියාවලිය සිදුවන ආකාරය මීලඟට සොයා බලමු.



ට්‍රාන්සිස්ටරයක මූලික ක්‍රියාකාරිත්වය

ඉහත සටහන අයුරු npn ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටරයට සෘන අග්‍රය සම්බන්ධව ඇති හෙයින් එමිටර් බේස් හරහා කුඩා ධාරාව ගමන් කරවීමට බේස් අග්‍රයට සැපයිය යුත්තේ ධන අග්‍රයකි. එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා සම්බන්ධ කර ඇති බැටරි සැපයුමෙන් එම අඩු වෝල්ටීයතා සැපයුම ලබාගෙන බේස් අග්‍රයට සම්බන්ධ කර ඇත. මෙයට පෙර සටහනෙන් අප උගත් අයුරු එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා සම්බන්ධ කර ඇති බැටරි සැපයුමෙන් PN1 සන්ධිය සිහින් වී ඇති බව අපි දනිමු. ඒ අතර බේස් කොටසට ධන අග්‍රයක් සම්බන්ධ වීමෙන් එමිටර් බේස් PN1 සන්ධිය හරහා ඉලෙක්ට්‍රෝන, ධාරාවක් ලෙස පහසුවෙන් ගමන් කරයි. මෙලෙස එමිටරයේ ගොඩ ගැසී පීඩනය වී තිබූ ඉලෙක්ට්‍රෝන බේස් කොටසට පැමිනීමත් සමගම එයින් කොටසක් කලෙක්ටර් කොටස වෙතද යම් බලපෑමක් ඇතිකිරීමට උත්සාහ ගනියි. මෙයට හේතුව කලෙක්ටරයට සම්බන්ධ ධන අග්‍රය මගින් එම ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙත දක්වන ආකර්ශනයයි. එමෙන්ම බේස් කොටසේ ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන තද බදය නිසාද මෙම බලපෑම තව දුරටත් වැඩි වෙයි. මෙම බලපෑම උග්‍රවීමෙන් PN2 සන්ධිය විදගෙන ඒ හරහා මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන වලින් කොටසක් කලෙක්ටරය වෙත පැන ගනියි. එලෙස එමිටර් කලෙක්ටර් හරහාද අමතර ධාරාවක් ඇති කරයි. මෙහිදී එමිටර කලෙක්ටර හරහා ගලන ධාරාව IC ලෙසද එමිටර බේස් හරහා ගලන ධාරාව IB ලෙසද එමිටරය උරා ගන්නා සම්පූර්ණ ධාරාව IE ලෙසද හැඳින්වේ.

එමිටර් බේස් ධාරාව අඩු වැඩි කරන විට ට්‍රාන්සිස්ටරයේ එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා ගලා යන ධාරාවද අඩු වැඩි වන බව අපි දනිමු. මෙයට හේතුවද ඉහත සටහන මගින්ම වටහා ගත හැක. එනම් බේස් ධාරාව වැඩි කිරීමට, බේස් අග්‍රයට සැපයු වෝල්ටීයතාවය වැඩි කිරිමේදී සිදු වන්නේ එමිටරයේ සිට PN1 සන්ධිය හරහා බේස් කොටසට පැමිණෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩි කිරිමයි. එවිට PN2 හරහා කලෙක්ටර් වෙත පැමිණෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයද වැඩි වී කලෙක්ටර් ධාරාව වැඩි වෙයි.



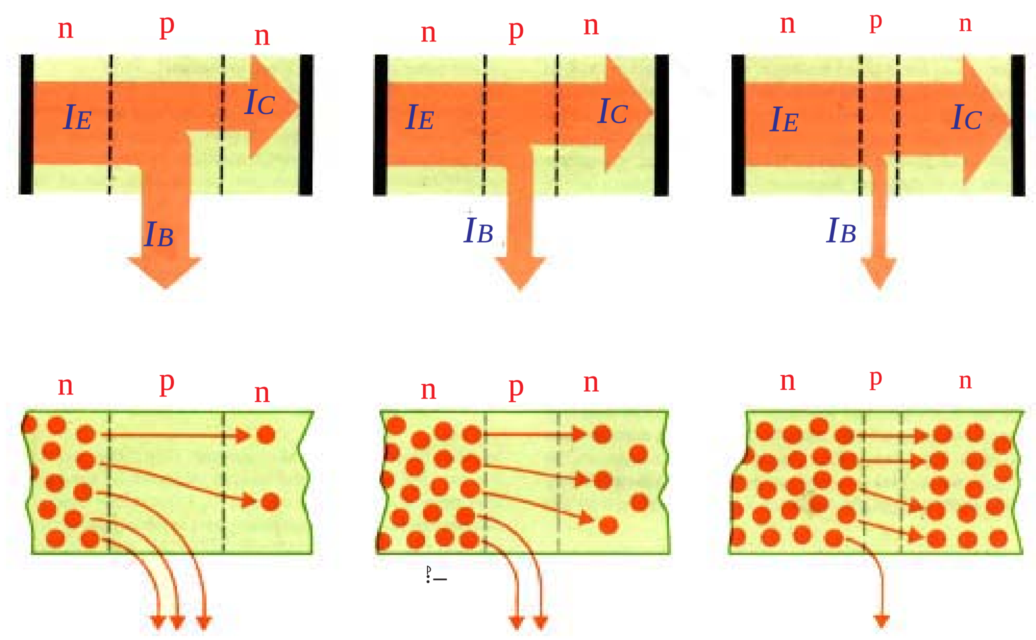
I E = I B + I C

ට්‍රාන්සිස්ටර් පරිපථයක ධාරාව බෙදීයන ආකාරය ඉහත සටහනේ පෙන්වා ඇත. එහි IE යනු එමිටර් ධාරාවයි. IB බේස්, එමිටර පරිපථය හරහා ගලා යන ධාරාව වන අතර IC යනු එමිටරය හා කලෙක්ටර් හරහා ගලා යන ධාරාවයි. සටහන අනුව කලෙක්ටර් (IC) සහ බේස් (IB) ධාරාව ලෙස බෙදී යන්නේ එමිටර (IE) ධාරාවම බවපෙනී යනු ඇත. ඒ අනුව එය අපිට මෙසේ දැක්විය හැක.

එමිටර් ධාරාව (IE) = **බේස් ධාරාව** (IB)+ **කලෙක්ටර් ධාරාව** (IC)

මෙයට පෙර සටහන අනුව වැඩි ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් එමිටර් බේස් පරිපථය හරහා ගලා ගිය අතර එමිටර් කලෙක්ටර් හරහා ගලා ගියේ අඩු ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාවකි. එනම් එහිදී වැඩි බේස් ධාරාවක් ගමන් කරවා අඩු එමිටර් කලෙක්ටර් ධාරාවක් ලබා ගැනුනි. එහෙත් ට්‍රාන්සිස්ටරයකින් අපි බලාපොරොත්තු වන්නේ අඩු බේස් ධාරාවක් මගින් වැඩි කලෙක්ටර් ධාරාවක් ලබා ගැනුමයි. එය රිලේ ඒකකයක් ලෙස ක්‍රියා කරන්නේ එවිටයි. එය කරන්නේ කෙසේද?

බේස් ධාරාවේත් කලෙක්ටර් ධාරාවේත් එකතුව එමිටර් ධාරාවට සමාන බව (IE=IB+IC) මෙයට ඉහත පෙන්වා දුනි. ඒ අනුව IE එමිටර ධාරාව එලෙසම තිබියදී අපිට බේස් ධාරාව අඩු කිරීමට හැකි නම් කලෙක්ටර් ධාරාව වැඩි කර ගැනුමට හැකි වෙයි. එහෙත් බේස් අග්‍රයට යෙදු වෝල්ටීයතාවය වෙනස් කර බේස් ධාරාව වෙනස් කිරීමෙන් මෙය කල නොහැකි වෙයි. මන්ද යත් එමිටර් කොටසේ සිට බේස් කොටසට ඇද ගන්නා ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණය, නැත්නම් එමිටර් ධාරාව රඳා පවතින්නේ, බේස් අග්‍රයට සපයන වෝල්ටීයතාවය මත බැවිනි. මේනිසා එම වෝල්ටීයතාවය එලෙසම තිබියදී එනම් එමිටර් ධාරාව ඒ ආකාරයෙන්ම ගලා යාමට සලස්වා එයින් බේස් අග්‍රය හරහා ගලන ධාරා ප්‍රාමාණය, යම් උපක්‍රමයකින් ට්‍රාන්සිස්ටරය තුලදීම සීමා කිරිමෙන් කලෙක්ටර් ධාරාව වැඩි කර ගත හැකි වේ. එය කල හැකි ආකාරය පහත දැක්වෙන සටහන මගින් වටහා ගත හැක.



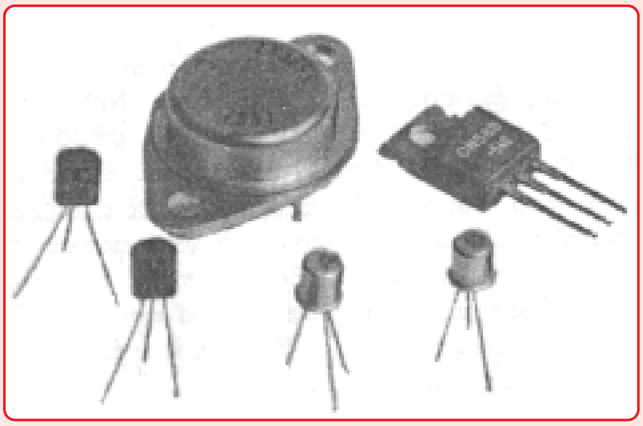
(A) (B)

මෙහි දක්වා ඇති A,B,C, සටහන් තුනේම ට්‍රාන්සිස්ටර් අග්‍ර සඳහා එකම වෝල්ටීයතාවයන් යොදවා ඇති අතර නිර්මාණයේදී ට්‍රාන්සිස්ටර තුනේ බේස් කොටස් පමණක් වෙනස් කර ඇතැයි සිතන්න. ඒ අනුව ට්‍රාන්සිස්ටර් තුනේම එමිටර් ධාරාවන් එක සමාන වේ. A ට්‍රාන්සිස්ටරයේ බේස් කොටස වඩාත් පළලට ගෙන ඇති අතර එමගින් වැඩි ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් එමිටර්, බේස් පරිපථය හරහා ගමන් කෙරෙන අතර කලෙක්ටර් ධාරාව ලෙස ලැබෙන්නේ සුලු ධාරාවකි. එය අපි මෙයට පෙර සටහනේ ඉගෙන ගත් ට්‍රාන්සිස්ටරයට සමානය. එහෙත් B ට්‍රාන්සිස්ටරයේ බේස් කොටස පටු කර ඇති අතර එමඟින් බේස් අග්‍රයට ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලා ඒම සීමා කර ඇත. එය වැඩි ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් කලෙක්ටර් කොටසට තල්ලු වී යාමට හේතුවෙයි. එනම් බේස් ධාරාව අඩු වී ඇති අතර එයට සාපේක්ෂව කලෙක්ටර් ධාරාව වැඩි වී ඇත. බේස් කොටස පටුවීම නිසා එම කොටස තුල ඉලෙක්ට්‍රෝන තදබදයකට ලක්වීමත්, එම හේතුවෙන් කලෙක්ටරය හරහා තෙරපුනු එම ඉලෙක්ට්‍රෝන පැනයාමට උත්සාහ ගැනීමත් මෙලෙස කලෙක්ටර් ධාරාව වැඩිවීමටත් බේස් ධාරාව අඩු වීමටත් හේතුවී තිබෙයි. මෙය අපි බලාපොරොත්තු වන ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරිත්වයයි. C සටහනේ බේස් කොටස වඩාත් පටු කර ඇති බැවින් බේස් ධාරාව බොහෝ දුරට අඩු වී ඇති අතර, කලෙක්ටර් ධාරාව බොහෝ සෙයින් වැඩිවී ඇත. NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයක අඩු බේස් ධාරාවකින් වැඩි කලෙක්ටර් ධාරාවක් ලබා ගන්නේ කෙසේද යන්න මෙම සටහන් තුන මගින් වටහා ගත හැක.

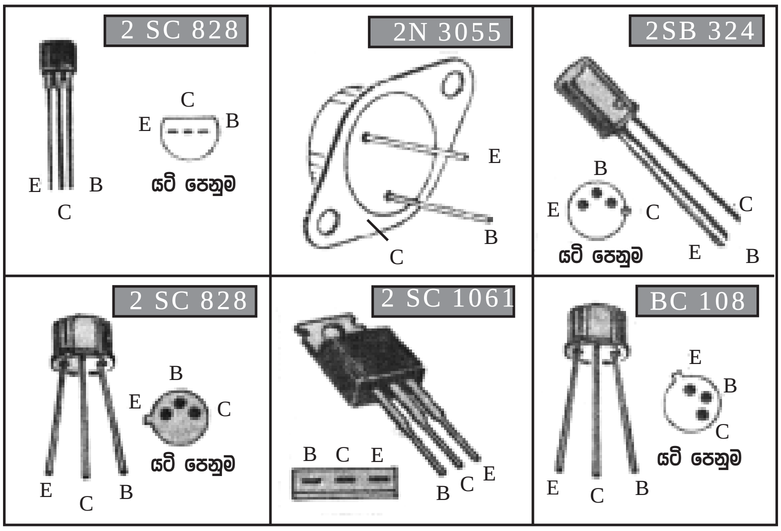
NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයක ක්‍රියාකාරීත්වය සිදුවන ආකාරයටම PNP ට්‍රාන්සිස්ටරයකද ක්‍රියාකාරීත්වය සිදු වෙයි. එහෙත් NPN ට්‍රාන්සිස්ටරයක එමිටරය බැටරි ඍණ අග්‍රයට සම්බන්ධ කලද, PNP එමිටරයකට සම්බන්ධ වන්නේ බැටරි ධන අග්‍රයකි. එනම් PNP එමිටරයකට නිදහස් ඉලෙක්ට්‍රෝන නොලැබෙන අතර, ධන ආරෝපිත සිදුරු බැටරිය මගින් සම්බන්ධ කෙරෙනු ලබයි. එහෙත් අභ්‍යන්තර ධාරාව ගලා යාම ඉහත සටහනේ විස්තර කල ආකාරයටම ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙනුවට සිදුරු මගින් සිදු කෙරෙන බැවින් එහි ක්‍රියාකාරීත්වය, මෙම සටහන ආශ්‍රයෙන්ම වටහා ගත හැකිවෙයි. ඒ සඳහා කළ යුත්තේ ඉලෙක්ට්‍රෝන වෙනුවට සිදුරු ආදේශ කිරීමයි. මෙහිදී PNP ට්‍රාන්සිස්ටරයක බේස් අග්‍රය සහ කලෙක්ටර් අග්‍රය සම්බන්ධ වන්නේ බැටරි ඍණ අග්‍රයට බව මතක තබා ගන්න.

ට්‍රාන්සිස්ටර් නිෂ්පාදනයේදී කලෙක්ටර් සහ බේස් ධාරාවන් බෙදී යන අනුපාතය විවිධ අගයන් ගන්නා ලෙස නිමවනු ලැබේ. ට්‍රාන්සිස්ටරයක ප්‍රති ලාභය හෙවත් **ගේන්** (Gain) අගය යනුවෙන් අපි හඳුන්වන්නේ එම අනුපාතයයි. ට්‍රාන්සිස්ටරයක කලෙක්ටර් ධාරාව බේස් ධාරාවෙන් බෙදීමෙන් එය සොයාගත හැක.

■ ට්‍රාන්සිස්ටර අග්‍ර හඳුනා ගැනීම



මෙම සටහනේ දැක්වෙන අයුරු ට්‍රාන්සිස්ටර විවිධ හැඩයෙන් නිමවී තිබිය හැක. එහෙත් එහි අග්‍ර පවර් ට්‍රාන්සිස්ටර් කිහිපයක හැරෙන්නට සෑම ට්‍රාන්සිස්ටරයකම එය අකුරින් සඳහන් වන්නේ නැත. කෙසේ නමුදු පරිපථවල යෙදීමේදී සහ අලුත්වැඩියාවන් වලදී ට්‍රාන්සිස්ටර වල මෙම අග්‍ර නිවැරදිව හඳුනාගත යුතුව ඇත. ඒ සඳහා ඇතැම් ට්‍රාන්සිස්ටරවල පමණක් හඳුනාගැනීමේ සළකුණු යොදන අතර මේ සඳහා සියලුම ට්‍රාන්සිස්ටර සඳහා පොදුවූ ක්‍රමයක් නොමැත. මේ නිසා බොහෝ විට එම ට්‍රාන්සිස්ටර පිළිබඳව විස්තර ඇතුලත් ඩේටා (DATA) පොත්වලින් මෙම ක්‍රම බලාගත යුතුවේ. එවන් ට්‍රාන්සිස්ටර් කිහිපයක අග්‍ර හඳුනා ගන්නා අයුරු පහත සටහනෙන් දක්වා ඇත.



ට්‍රාන්සිස්ටර් පිළිබඳව වූ ඩේටා පොතකින් උපුටාගෙන සකසන ලද සටහනක් මෙහි දක්වා තිබේ. සාමාන්‍යයෙන් ට්‍රාන්සිස්ටරයක අග්‍ර එමිටර්, කලෙක්ටර්, බේස් යනුවෙන් හඳුන්වනු ලැබුවද ඒවා පිහිටන ආකාරය එකිනෙකට වෙනස් බව මෙම සටහනෙන් පැහැදිළි කරගත හැකිවේ. මෙම අග්‍ර හඳුනාගත හැකි ක්‍රම පිලිබඳව පසුව විස්තර කෙරෙනු ඇත.