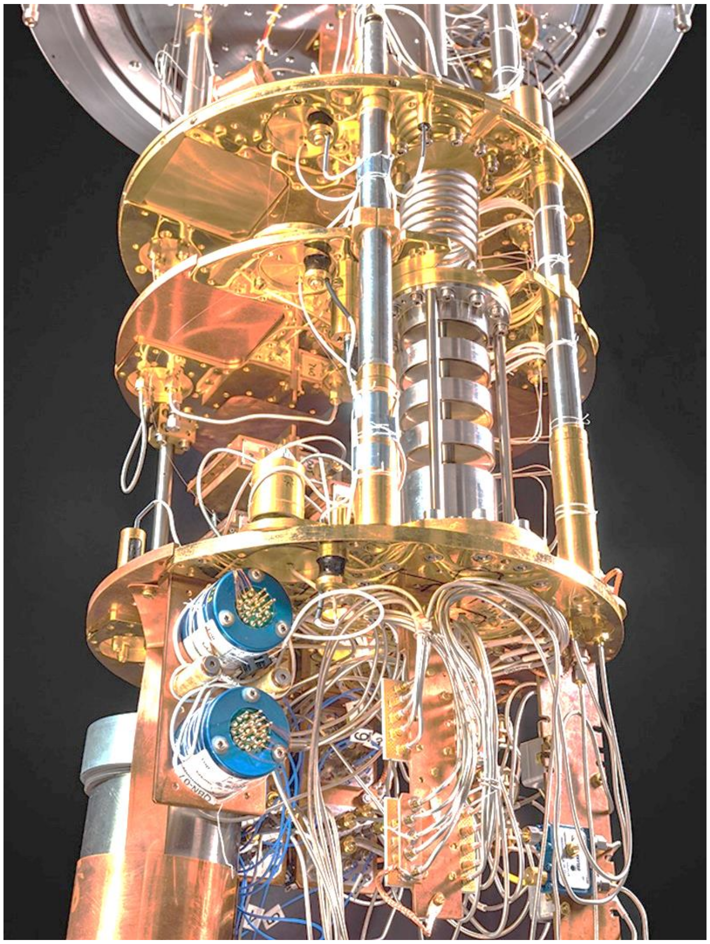
5 SEMICONDUCTORS PHYSICS



Christopher Nolan ની Sci-Fi ફિલ્મના કોઇ મશીન જેવું દેખાતું આ મશીન વાસ્તવમાં એક Quantum Computer છે. તમારૂ Latest Laptop પણ જે ગણતરી 1000 વર્ષ માં પૂરી કરે તેને Quantum computer માત્ર એક જ સેકન્ડમાં પૂર્ણ કરે છે. Quantum computer માં Digital electronics ના 1 અને 0 જેવા Bit ઉપરાંત Quantum Physics ના ત્રીજા Qbit < 1|0 > પણ ઉપયોગમાં લેવાય છે.

આધુનિક યુગમાં "ઇલેક્ટ્રોનિક્સ" શબ્દથી ભાગ્યે જ કોઇ અજાણ હશે. અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિક લોર્ડ રૂથરફોર્ડ દ્વારા "ઇલેક્ટ્રોન" ની શોધ થઇ એ સમયથી આજના આધુનિક સમય સુધી ઇલેક્ટ્રોનિક્સ જેટલી ઉત્તરોઉત્તર તેમજ ઝડપી પ્રગતિ કદાચ ભૌતિકશાસ્ત્રની બીજી કોઇ પણ શાખામાં ભાગ્યે જ થઇ હશે. ઇ.સ. 1946માં બનેલું "ENIAC" નામનું કોમ્પ્યુટર 1800 ft^2 જેટલા વિશાળ ક્ષેત્રફળમાં "ફેલાયેલું" હતું.!! જ્યારે ઇલેક્ટ્રોનિક્સના સતત વિકાસે ENIAC કરતાં અનેકગણા ઝડપી કોમ્પ્યુટર તમારી હથેળીમાં "સ્માર્ટફોન" ના આધુનિક અવતારરૂપે હાજર છે. ઇલેક્ટ્રોનિક્સ શાખામાં થયેલી તમામ પ્રગતિ અર્ધવાહકો (Semiconductors) ને આભારી છે. ENIAC માં 17468 Vacuum Diodes, 70000 Resistors અને 10000 Capacitors નો ઉપયોગ થયો હતો. જેને "ચલાવવા" 150 kW જેટલો જંગી પાવર વપરાતો હતો. જ્યારે આજનું કોમ્પ્યુટર ગણાતો સ્માર્ટફોન માત્ર નજીવી વીજળી વડે ગણતરીના સમયમાં " Battery Full" થઇ જાય છે. આજના આધુનિક કોમ્પ્યુટર, કેલ્ક્યુલેટર અને ન ગણી શકાય તેવી સંખ્યાના ઇલેક્ટ્રોનિક્સ ઉપકારણોના કાર્ય કરવા પાછળ કેવા નાના નાના "યંત્રો" ઉપયોગી છે તેમજ તેઓ કેવી રીતે પોતાની "ફરજો" બજાવે છે તે વિષે સૌપ્રથમ આપણે જાણકારી મેળવીશું.

UNIT – 5

SEMICONDUCTOR DEVICES
અર્ધવાહક ઉપકરણો

5

Que. 01. એકમોની વિદ્યુતવહનને આધારે ઘન પદાર્થોનું વર્ગીકરણ સમજાવો.

Ans: આપણે જાણીએ છીએ કે જે પદાર્થો વિદ્યુતપ્રવાહનું સરળતાથી વહન કરી શકે છે તેવા પદાર્થોને વિદ્યુતના સુવાહકો કહેવાય છે જ્યારે જે પદાર્થો વિદ્યુતપ્રવાહનું સરળતાથી વહન કરી શકતાં નથી તેવા પદાર્થોને વિદ્યુતના અવાહકો કહેવાય છે. મોટાભાગે લગભગ બધી ધાતુઓ તેમજ કેટલીક મિશ્રધાતુઓ વિદ્યુતની સુવાહક હોય છે. પરતું કેટલાંક એવા પદાર્થો છે જે અમુક તાપમાન સુધી અવાહકોની જેમ વર્તે છે તેમજ જો તાપમાન વધે તો તેઓ વિદ્યુતના સુવાહકો જેવી લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે. આવા પદાર્થોને વિદ્યુતના અર્ધવાહકો કહે છે.

અર્ધવાહકો: જે પદાર્થોની વિદ્યુત અવરોધકતા ધાતુઓ કરતાં વધારે હોય પરંતુ અવાહકો કરતાં ઓછી હોય તેવા પદાર્થોને અર્ધવાહકો કહે છે.
આવર્તકોષ્ટકના ચોથા સમૂહમાં રહેલા તત્વો જેવાં કે સિલિકોન (Si) અને જર્મેનિયમ (Ge).
સુવાહકો અને અર્ધવાહકોમાં વિદ્યુતવહનની પ્રક્રિયા જુદાજુદા પ્રકારની હોય છે. Si અને Ge જેવા અર્ધવાહકો શૂન્ય કેલ્વિન તાપમાને સંપૂર્ણ અવાહકોની જેમ જ વર્તે છે.
સુવાહકોનું તાપમાન વધારતાં તેમની અવરોધકતા વધે છે. (ઑહ્મનો નિયમ) જ્યારે અર્ધવાહકોનું તાપમાન અમુક મર્યાદામાં વધારતા તેમની અવરોધકતાં ઘટે છે. અર્ધવાહકો પર યોગ્ય આવૃતિવાળુ વિકિરણ આપાત કરવામાં આવે તો પણ તેની અવરોધકતામાં ફેરફાર થાય છે.

મૂળભૂત અર્ધવાહકો (Elemental Semiconductors): Si અને Ge ને મૂળભૂત અર્ધવાહકો કહે છે. આવા અર્ધવાહકોમાંથી PN Junction ડાયોડ, ઝેનર ડાયોડ, લાઇટ એમીટિંગ ડાયોડ, ટ્રાન્ઝિસ્ટર જેવી ઇલેક્ટ્રોનિક સંરચનાઓ તૈયાર કરવામાં આવે છે.

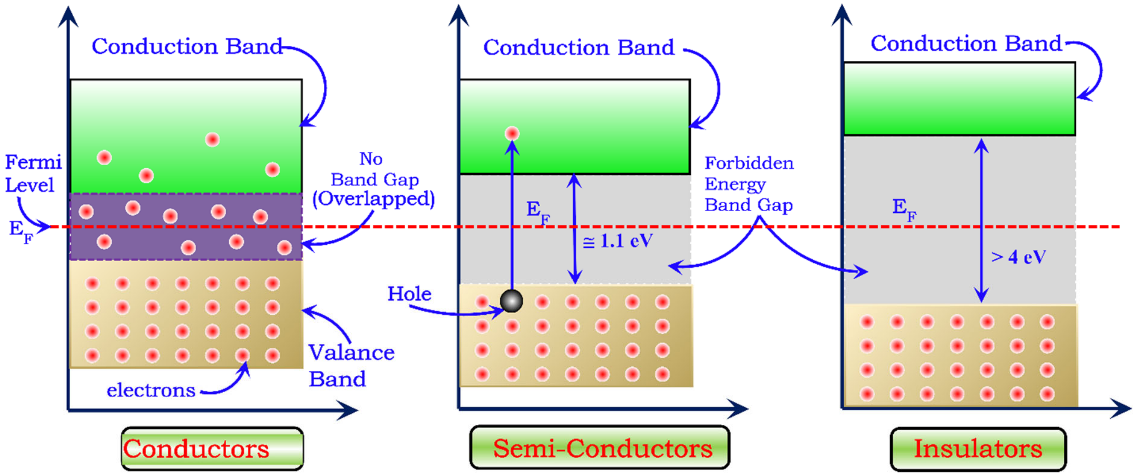
Que. 02. ઍનર્જી બેન્ડ ગૅપને આધારે સુવાહકો, અવાહકો અને અર્ધવાહકોનું વર્ગીકરણ સમજાવો.

Ans: ઘન પદાર્થોનું તેમની વિદ્યુતવહન કરવાની ક્ષમતાને આધારે તેમનું મુખ્ય ત્રણ ભાગમાં વર્ગીકરણ કરવામાં આવે છે.

1. સુવાહકો
2. અવાહકો
3. અર્ધવાહકો

પરતું આ ત્રણ પ્રકારો વચ્ચે તફાવત વધુ સારી રીતે પારખવાનો એક બીજો ઉપાય એ છે કે આ પદાર્થોમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને પ્રાપ્ય એવી તમામ ઉર્જાને આલેખ સ્વરૂપે રજૂ કરવી.

ક્વોન્ટમ યંત્રશાસ્ત્ર પ્રમાણે એક મુક્ત પરમાણુ એ અસતત ઉર્જા સ્તર ધરાવે છે. પરતું આવા ઘણા પરમાણુઓ જ્યારે એકબીજાની નજીક આવે ત્યારે તેમના ઉર્જા સ્તરો એકબીજામાં "ભળીને" બેન્ડ(Band - પટ્ટા)ની રચના કરે છે. આવા ત્રણ પ્રકારના બેન્ડની રચના થાય છે.



Classification of Materials Based on Energy Band Gap

1. વેલેન્સ બેન્ડ (Valance Band): અણુના સૌથી બહારની કક્ષકમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન્સને વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન કહે છે. આવા વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન્સ જે શક્તિ સ્તરમાં રહેલા હોય છે તે બેન્ડને વેલેન્સ બેન્ડ કહે છે. વેલેન્સ બેન્ડ સૌથી વધુ ઉર્જા ધરાવે છે. Si નો પરમાણુક્રમાંક 14 છે આથી તેની ઇલેક્ટ્રોન સંરચના $1S^2\ 2S^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3P^2$ છે. આમ તેની $1S^2\ 2S^2\ 2p^6$ સુધીની K અને L કવચ સંપૂર્ણ ભરાયેલી છે. $3s^2\ 3P^2$ ઇલેક્ટ્રોન એ વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન્સ છે. સામાન્ય પરમાણુંમાં વેલેન્સ બેન્ડ એ વધારે શક્તિવાળા ઇલેક્ટ્રોન્સ ધરાવે છે. આ ઇલેક્ટ્રોન્સ વિદ્યુતવહન કે ઉષ્માવહનમાં ભાગ લેતા નથી.
2. ફોરબિડન ગેપ (Forbidden Gap): એનર્જી બેન્ડમાં રહેલા વેલેન્સ બેન્ડ અને કન્ડક્શન બેન્ડ (Conduction band) વચ્ચેની ખાલી જગ્યાને ફોરબિડન ગેપ કહે છે. આ ગેપમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ હોતા નથી.
3. કન્ડક્શન બેન્ડ (Conduction Band): ઇલેક્ટ્રોન કક્ષકોના કોઇ પણ બેન્ડ કે જ્યાંથી ઇલેક્ટ્રોન્સ ઊર્જા મેળવ્યા બાદ વેલેન્સ બેન્ડમાંથી સ્થળાંતર કરીને જે ઉર્જા સ્તરમાં પહોંચે છે તેને કન્ડક્શન બેન્ડ કહે છે. આ ઉર્જા સ્તર (કન્ડક્શન બેન્ડ)માં ઇલેક્ટ્રોન્સ મુક્ત રીતે હરી ફરી શકે જેને કારણે પદાર્થમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થઇ શકે છે. જ્યારે પણ આ ઇલેક્ટ્રોન આવી કક્ષકોમાં હોય છે, ત્યારે તે દર્શાવે છે કે આપેલ પદાર્થ પૂરતી વિદ્યુત વાહકતા ધરાવે છે. ધાતુના કિસ્સામાં કન્ડક્શન બેન્ડ અને વેલેન્સ બેન્ડ એકબીજા પર સંપાત (ઓવરલેપ) થાય છે.

સુવાહકો: તાંબુ, એલ્યુમિનીયમ, લોખંડ, ચાંદી, સોનું, પારો જેવી ધાતુઓ માટે વેલેન્સ બેન્ડ અને કન્ડક્શન બેન્ડ એકબીજામાં ભળી ગયેલા હોય છે અર્થાત તેમની વચ્ચે એનર્જી બેન્ડ ગેપ હોતી નથી અર્થાત એનર્જી બેન્ડ ગેપ શૂન્ય હોય છે. આથી વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન્સને કન્ડક્શન બેન્ડ સુધી જવામાં ખુબ જ ઓછી કે નહિવત્ ઉર્જાની જરૂર પડે છે. આથી કન્ડક્શન બેન્ડમાં આવતા ઇલેક્ટ્રોન્સ મુક્ત રીતે વિદ્યુતનું વહન કરે છે. આવા પદાર્થોને સુવાહકો કહે છે. આવા પદાર્થોની અવરોધકતા 10^{-4} થી $10^{-6}\ \Omega \cdot cm$ ના ક્રમની હોય છે.

અર્ધવાહકો: સિલીકોન (Si) અને જર્મેનીયમ (Ge) એવા પદાર્થો છે જેમની વિદ્યુતીય વાહકતા વાહકો અને અર્ધવાહકોની વચ્ચે હોય છે. આવા તત્વો માટે વેલેન્સ બેન્ડ અને કન્ડક્શન બેન્ડની ગેપ સાવ નજીવી (લગભગ 1 eV ના આસપાસ) હોય છે. આથી સામાન્ય રીતે ઓરડાના તાપમાને, વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન્સ ઉષ્મીય ઉર્જા મેળવીને કન્ડક્શન બેન્ડમાં પહોચે છે. આવા પદાર્થોની અવરોધકતા 10 થી $10^4\ \Omega \cdot cm$ ના ક્રમની હોય છે.

Band Gap: સિલીકોન (Si) → 1.1 eV

Band Gap: જર્મેનીયમ (Ge) → 0.72 eV

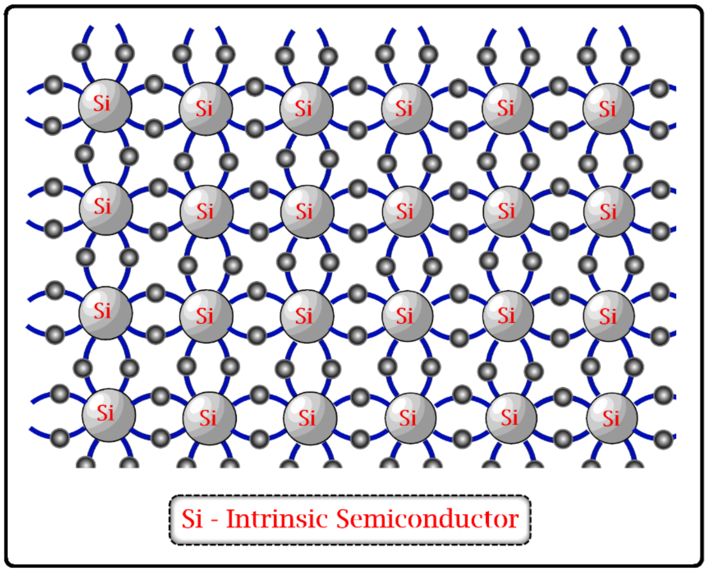
અવાહકો: લાકડું, રબર, ચામડું, કાચ, પ્લાસ્ટિક જેવા પદાર્થો માટે વેલેન્સ બેન્ડ અને કન્ડક્શન બેન્ડની વચ્ચેના એનર્જી બેન્ડ ગેપનું મુલ્ય 5 eV થી વધારે હોય છે. આટલી મોટી એનર્જી બેન્ડ ગેપનાં કારણે વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલો કોઇ પણ ઈલેક્ટ્રોન કન્ડક્શન બેન્ડ સુધી પહોંચી શકતો નથી. આથી વિદ્યુતવહન માટે જરૂરી એવા મુક્ત ઈલેક્ટ્રોન મળતા નથી. આમ, આવા પદાર્થો વિદ્યુતના અવાહકો તરીકે ઓળખાય છે.

[*નોંધ: eV → **ઈલેક્ટ્રોન વોલ્ટ** એ ઉર્જા મ્પાવાનો અત્યંત નાનો એકમ છે. એક ઈલેક્ટ્રોન જ્યારે એક વોલ્ટના વિધુત સ્થિતિમાન હેઠળથી પસાર થાય ત્યારે તેની ઉર્જામાં આવતો ફેરફાર 1 eV કહેવાય. તેનો જુલ સાથેનો સંબંધ,

$$1\ eV\ =\ 1.6\ \times 10^{-19}\ Joule$$

Que. 03. આંતરિક/શુદ્ધ અર્ધવાહકો સમજાવો.

Ans.: **આંતરિક/શુદ્ધ અર્ધવાહકો (Intrinsic Semiconductor):** અંત્યંત શુદ્ધ અર્ધવાહક ને આંતરિક અર્ધવાહકો કહે છે. ઉર્જા સ્તરની થીયરી પ્રમાણે ઓરડાના તાપમાને આવા અર્ધવાહકોની વાહકતા શૂન્ય હોય છે. Si અને Ge આવા આંતરિક અર્ધવાહકો છે.



આવા અર્ધવાહકોનો કન્ડક્શન બેન્ડ સંપૂર્ણ ખાલી હોય છે અને વેલેન્સ બેન્ડ સંપૂર્ણ ભરેલો હોય છે. એક વાર તાપમાન વધારવામાં આવે ત્યારે તે ઉર્જા મેળવે છે. ઉર્જા મેળવ્યા બાદ ઈલેક્ટ્રોન્સ આંદોલન વધે છે જેના પરિણામે વેલેન્સ બેન્ડમાંથી ઈલેક્ટ્રોન્સ કન્ડક્શન બેન્ડમાં જાય છે જ્યાં આવા ઈલેક્ટ્રોન્સ અસ્ત વ્યસ્ત ગતિ કરે છે.

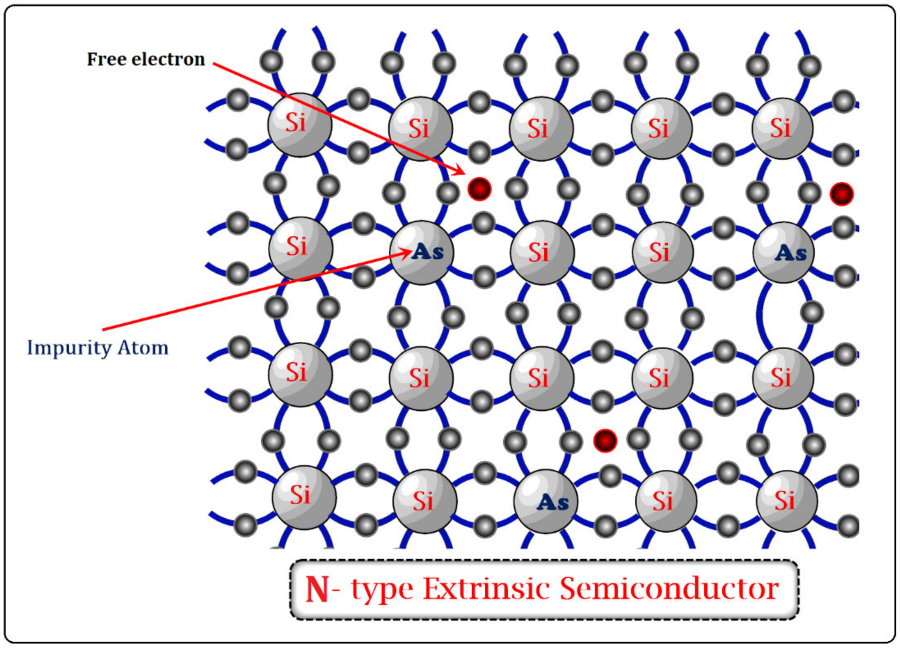
Que. 04. બાહ્ય/અશુદ્ધ અર્ધવાહકો સમજાવો.

Ans.: **બાહ્ય/અશુદ્ધ અર્ધવાહકો (Extrinsic semi-conductor):** જે અર્ધવાહકોને વાહક બનાવવા માટે નિયંત્રિત રીતે અશુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવેલી હોય તેવા અર્ધવાહકોને બાહ્ય અર્ધવાહકો કહે છે. આંતરિક અર્ધવાહકોમાં આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાની પદ્ધતિને ડોપિંગ (Doping) કહે છે. ડોપિંગ એ તેના વિદ્યુત ગુણધર્મોને સુધારવા/બદલવા માટે અત્યંત શુદ્ધ અથવા આંતરિક સેમિકન્ડક્ટરમાં અશુદ્ધિઓનો ઇરાદાપૂર્વક ઉમેરો છે. અશુદ્ધિઓ સેમિકન્ડક્ટરના પ્રકાર પર આધારિત છે. બાહ્ય સેમિકન્ડક્ટર્સમાં હળવા થી મધ્યમ માત્રામાં ડોપિંગ હોય છે.

અર્ધવાહકોમાં ઉમેરવામાં આવતી અશુદ્ધિના ગુણધર્મ પ્રમાણે તેના બે પ્રકાર છે.

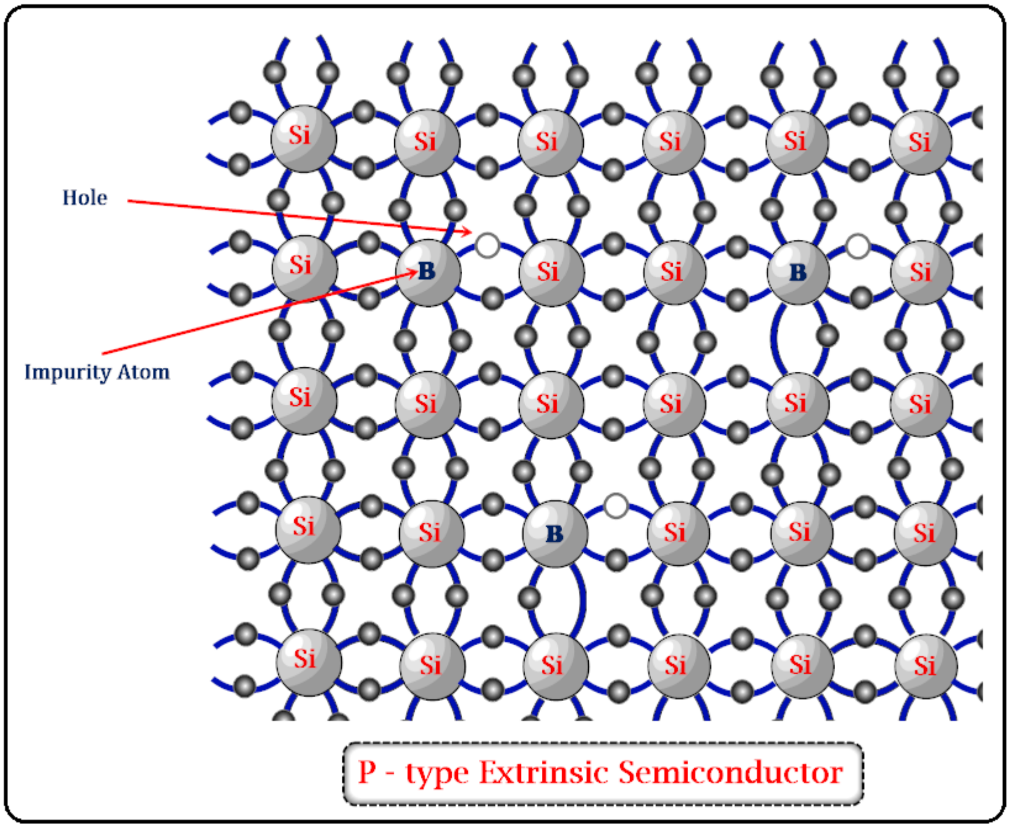
1. પેન્ટાવેલેન્ટ અશુદ્ધિ (Pentavalent Impurity): આવર્ત કોષ્ટકના ગ્રુપ – 5 માં સમાવિષ્ટ તત્વો જેવા કે બિસ્મથ (Bi), ફોસ્ફરસ (P), આર્સેનિક (As), એન્ટીમની (Sb) તેમની બાહ્ય કક્ષકોમાં પાંચ ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે. આ પ્રકારના ઉમેરાથી અર્ધવાહકોમાં ઋણ વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા વધે છે. આવી અશુદ્ધિનું પ્રમાણ સામાન્ય રીતે 10^7: 1 નું રાખવામાં આવે છે જેનો અર્થ દર દસ લાખ Si ના અણુએ એક અણુ અશુદ્ધિનો ઉમેરવામાં આવે છે. આવા ઋણ વિદ્યુતભારિત અર્ધવાહકને N – type (Negative) અર્ધવાહક કહેવાય છે. (યાદ રાખવા માટે: BiPAsSb - બિપાશા)
2. ટ્રાયવેલેન્ટ અશુદ્ધિ (Trivalent Impurity) : આવર્ત કોષ્ટકના ગ્રુપ – 3 માં સમાવિષ્ટ તત્વો જેવા કે બોરોન (B), એલ્યુમિનિયમ (Al), ગેલીયમ (Ga), ઇન્ડીયમ (In) તેમની બાહ્ય કક્ષકોમાં પાંચ ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે. આ પ્રકારના ઉમેરાથી અર્ધવાહકોમાં ધન વિદ્યુતભારિત હોલની સંખ્યા વધે છે. આવી અશુદ્ધિનું પ્રમાણ સામાન્ય રીતે 10^7: 1 નું રાખવામાં આવે છે જેનો અર્થ દર દસ લાખ Si ના અણુએ એક અણુ અશુદ્ધિનો ઉમેરવામાં આવે છે. (યાદ રાખવા માટે: BInGaAl – બિન્ગાલ/બેંગાલ)

N – type semiconductors: જે શુદ્ધ/આંતરિક અર્ધવાહકોમાં પેન્ટાવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરતા તેમાં ઋણ વિદ્યુતભારિત વાહકોની સંખ્યા (ઈલેક્ટ્રોન્સ) ની સંખ્યા વધે તો આવા અર્ધવાહકોને N – type અર્ધવાહકો કહે છે. દા.ત. ફોસ્ફરસ (P) તેની બાહ્ય કક્ષકમાં પાંચ ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે. જ્યારે શુદ્ધ/આંતરિક Si માં ફોસ્ફરસ (P) જેવી પેન્ટાવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવે ત્યારે ફોસ્ફરસ (P) ના પાંચ પૈકીના ચાર ઈલેક્ટ્રોન સીલીકોન (Si) સાથે સહસંયોજક



બંધ બનાવે છે. ફોસ્ફરસ (P)નો પાંચમો ઈલેક્ટ્રોન બંધ બનાવ્યા સિવાય મુક્ત રહી જાય છે, આમ પેન્ટાવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરવાથી અર્ધવાહકમાં ઋણ વિદ્યુતભારિત ઈલેક્ટ્રોન્સની સંખ્યા વધે છે. આવા ઈલેક્ટ્રોન્સને મેજોરીટી ચાર્જ કેરીઅર (Majority Charge carrier) કહે છે. આવા ઈલેક્ટ્રોન આપનાર અણુ (ફોસ્ફરસ) ને દાતા/દાન આપનાર/ડોનર (Donor) અણુ કહે છે જ્યારે ઈલેક્ટ્રોન સ્વીકારનાર સીલીકોન (Si) ને દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર (acceptor) અણુ કહે છે.

P – type semiconductors: જે શુદ્ધ/આંતરિક અર્ધવાહકોમાં ટ્રાયવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરતા તેમાં ધન વિદ્યુતભારિત વાહકોની સંખ્યા (હોલ) ની સંખ્યા વધે તો આવા અર્ધવાહકોને P – type અર્ધવાહકો કહે છે. દા.ત. બોરોન (B) તેની બાહ્ય કક્ષકમાં ત્રણ ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે. જ્યારે શુદ્ધ/આંતરિક Si માં બોરોન (B) જેવી ટ્રાયવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવે ત્યારે બોરોન (B) ના ત્રણ પૈકીના ત્રણ ઈલેક્ટ્રોન્સ સીલીકોન (Si)



સાથે સહસંયોજક બંધ બનાવે છે. પરંતુ બોરોન (B) પાસે સીલીકોનની સંયોજકતા ચાર કરતા ઓછા ઈલેક્ટ્રોન હોવાથી ત્યાં ઋણ વિદ્યુતભારની ખોટ વર્તાય છે. જેને હોલ (Hole) કહે છે જે ધન વિદ્યુતભારિત હોય છે. આમ, ટ્રાયવેલેન્ટ અશુદ્ધિ ઉમેરવાથી અર્ધવાહકમાં ધન વિદ્યુતભારિત હોલની સંખ્યા વધે છે. આવા હોલ્સને મેજોરીટી ચાર્જ કેરીઅર (Majority Charge carrier) કહે છે. આવી અશુધ્ધિઓ પોતે યજમાન સીલીકોન (Si) પાસેથી ઈલેક્ટ્રોન સ્વીકારે છે અને હોલ ઉત્પન્ન કરે છે. તેથી બોરોન (B) ને દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર (acceptor) અણુ કહે છે જ્યારે ઈલેક્ટ્રોન આપનાર સીલીકોન (Si) ને દાતા/દાન આપનાર/ડોનર (Donor) અણુ કહે છે જ્યારે સ્વીકારનાર સીલીકોન (Si) ને દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર (acceptor) અણુ કહે છે.

[*નોંધ: ટ્રાયવેલેન્ટ અશુધ્ધિઓ ઈલેક્ટ્રોનને સ્વીકારે છે અથવા હોલ્સનું દાન કરે છે તેમ પણ કહી શકાય. આથી આ કિસ્સામાં બોરોન એ ઈલેક્ટ્રોનનું દાન સ્વીકારનાર અશુદ્ધિ અથવા હોલ્સનું દાન કરનાર અશુદ્ધિ પણ કહી શકાય.]

Que. 05. તફાવત આપો: દાતા/ડોનર અશુદ્ધિ/Penta-Valent impurity અને દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર અશુદ્ધિ /Tri-Valent impurity.

Ans.:

દાતા/ડોનર અશુદ્ધિ/**Penta-Valent**	દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર અશુદ્ધિ/**Tri-Valent**
જે અશુધ્ધિઓ દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર ને ઈલેક્ટ્રોન્સનું દાન કરે છે તેને દાતા/ડોનર અશુદ્ધિ કહે છે.	જે અશુધ્ધિઓ દાન આપનાર યજમાન પાસેથી ઈલેક્ટ્રોન્સનું દાન સ્વીકાર કરે છે (અથવા હોલનું દાન કરે છે) તેવી અશુદ્ધિઓને દાન સ્વીકારનાર /એસેપ્ટર અશુદ્ધિ કહે છે.
બિસ્મથ (Bi), ફોસ્ફરસ (P), આર્સેનિક (As), એન્ટીમની (Sb) એ દાતા/ડોનર અશુદ્ધિઓ છે. (યાદ રાખવા માટે: BiPAsSb - બિપાશા)	બોરોન (B), એલ્યુમિનિયમ (Al), ગેલીયમ (Ga), ઇન્ડીયમ (In) એ દાન સ્વીકારનાર/એસેપ્ટર અશુદ્ધિઓ છે. (યાદ રાખવા માટે: BInGaAl – બિન્ગાલ/બેંગાલ)
આવી અશુધ્ધિઓ આવર્ત કોષ્ટકના ગ્રુપ – 5 માં સમાવિષ્ટ છે.	આવી અશુધ્ધિઓ આવર્ત કોષ્ટકના ગ્રુપ – 3 માં સમાવિષ્ટ છે.
આવી અશુધ્ધિઓ તેમની બાહ્ય કક્ષકમાં 5 ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે.	આવી અશુધ્ધિઓ તેમની બાહ્ય કક્ષકમાં 3 ઈલેક્ટ્રોન ધરાવે છે.
શુદ્ધ અર્ધવાહકમાં આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી N – type પ્રકારનો અર્ધવાહક બનાવી શકાય છે.	શુદ્ધ અર્ધવાહકમાં આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી P – type પ્રકારનો અર્ધવાહક બનાવી શકાય છે.
આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી જે તે અર્ધવાહકની ઉર્જાનું Fermi level તેના કન્ડક્ષન બેન્ડની નજીક આવેલ હોય છે.	આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી જે તે અર્ધવાહકની ઉર્જાનું Fermi level તેના વેલેન્સ બેન્ડની નજીક આવેલ હોય છે.
આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી કન્ડક્ષન બેન્ડમાં ઈલેક્ટ્રોનની સાંદ્રતા વધે છે જેને લીધે Fermi level તેના કન્ડક્ષન બેન્ડની નજીક ખસે છે.	આવી અશુધ્ધિઓ ઉમેરવાથી વેલેન્સ બેન્ડમાં ઈલેક્ટ્રોન્સ સાંદ્રતા વધે છે જેને લીધે Fermi level તેના વેલેન્સ બેન્ડની નજીક ખસે છે. બીજા શબ્દોમાં કન્ડક્ષન બેન્ડમાં હોલ્સની સાંદ્રતા વધે છે.
તેઓ મુક્ત ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા વધારે છે.	તેઓ હોલ્સની સંખ્યા વધારે છે.

Que. 06. PN junction કેવી રીતે રચાય છે? તેના બેટરી સાથે જોડાણનાં ફોરવર્ડ અને રીવર્સ બાયસ સમજાવો. તેનો આલેખ દોરી સમજાવો.

અથવા

P type અને N Type અર્ધવાહકોને જોડાવાથી બનતી સંરચના (Junction)નું બંધારણ અને કાર્યપધ્ધતિ સમજાવો. આવી સંરચનાને જ્યારે વિદ્યુત ઉદ્દગમ/બેટરી સાથે જોડવામાં આવે ત્યારે તેમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ અને તેના બે છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાન/વોલ્ટેજનો આલેખ દોરી સમજાવો.

અથવા

PN Junction Diode એટલે શું. તેની રચના અને કાર્યપધ્ધતિ સમજાવો. તેની ફોરવર્ડ અને રીવર્સ બાયસ પરિસ્થિતિ સમજાવો. તથા તેની આઉટપુટ લાક્ષણીકતાનો આલેખ દોરી સમજાવો.

Ans:

વ્યાખ્યા: P-N જંક્શન એ P – type અને N – type પ્રકારના બે બાહ્ય/અશુદ્ધ અર્ધાવાહક વચ્ચેનો ઇન્ટરફેસ અથવા સીમા છે.

શુદ્ધ સીલીકોન એક ભાગમાં પેન્ટાવેલેન્ટ અશુદ્ધિની થોડી માત્રા ઉમેરવામાં આવે છે જેથી તે ભાગ N – type અને બીજા અર્ધભાગમાં ટ્રાયવેલેન્ટ શુદ્ધિ ઉમેરવામાં આવે છે જેથી તે P – type સિલિકોનમાં રૂપાંતરિત થાય છે. આમ એક જ શુદ્ધ સીલીકોનમાંથી P – N જંક્શન રચાય છે. આ જંક્શન રચાયા બાદ જે પ્રક્રિયાઓ થાય છે તે બે પ્રકારની હોય છે.

1. પ્રસરણ (Diffusion): વિદ્યુતવાહકોની સાંદ્રતાનાં તફાવતને કારણે
2. વહન (Drift): વિદ્યુતક્ષેત્રનાં કારણે

P – N જંક્શન ની બંને બાજુએ હોલ અને ઇલેક્ટ્રોનની સાંદ્રતામાં તફાવત હોય છે. P – type ના હોલ N – type બાજુએ ફેલાય છે, અને N – type બાજુના ઇલેક્ટ્રોન P – type બાજુએ પ્રસરણ પામે છે. આ પ્રસરણને જંક્શન પર પ્રસરણ પ્રવાહ (Diffusion Current I_{diff}) ઉત્પન્ન થાય છે.

ઉપરાંત, જ્યારે ઇલેક્ટ્રોન N – type થી P – type માં પ્રસરણ પામે છે છે, ત્યારે ઇલેક્ટ્રોનની ગેરહાજરીને કારણ ઉત્પન્ન થતો હોલ N – type બાજુએ રહી જાય છે, જે સ્થિર હોય છે. જેમ જેમ પ્રક્રિયા આગળ વધે છે, તેમ તેમ જંક્શનની N – type બાજુએ ધન વિદ્યુતભારનું એક સ્તર વિકસિત થાય છે. તેવી જ રીતે, જ્યારે હોલ P – type થી N – type તરફ જાય છે, ત્યારે ઇલેક્ટ્રોન P – type પર રહી જાય છે, જેના પરિણામે જંક્શનની P – type માં ઋણ વિદ્યુતભારનું સ્તર રચાય છે. આમ, જંક્શનની બંને બાજુએ ધન અને ઋણ વિદ્યુતભારના આ વિસ્તારને ડેપ્લેશન લેયર (Depletion Layer)/પોટેન્શિયલ બેરીયર (Potential Barrier)/અવક્ષય ક્ષેત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

જંક્શનની બંને બાજુએ આવેલા આ ધન વિદ્યુતભારના પ્રદેશને કારણે ધન ભારથી ઋણ વિદ્યુતભાર તરફની દિશા ધરાવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર વિકસે છે. આ વિદ્યુતક્ષેત્રને કારણે જંક્શનની P – type માં રહેલો ઇલેક્ટ્રોન જંક્શનની N – type તરફ તરફ ગતિ કરે છે. આ ગતિને ડ્રિફ્ટ કહેવામાં આવે છે. ડ્રિફ્ટ પ્રવાહની દિશા પ્રસરણ પ્રવાહની દિશાથી વિરુદ્ધ હોય છે.

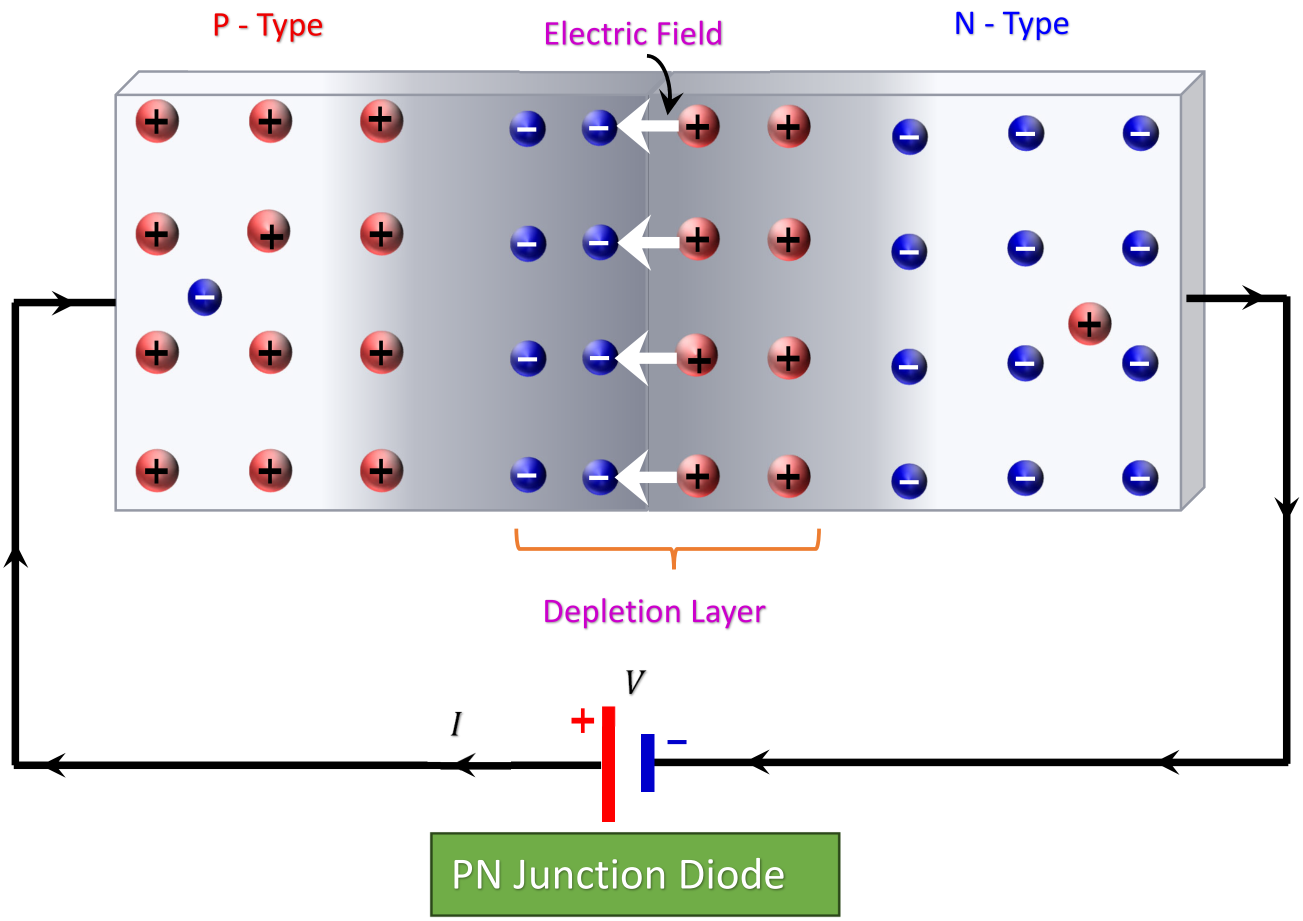
બાયસિંગ (BIASING): P – N જંક્શન ડાયોડ માટે બે બાયસિંગ સ્થિતિ હોય છે અને તે બેટરી દ્વારા આપવામાં આવેલા વોલ્ટેજ પર આધારિત હોય છે.

ફોરવર્ડ બાયસ: જ્યારે P – N જંક્શન ડાયોડના P – type સાથે બેટરીનો ધન ધ્રુવ (Positive Terminal) સાથે અને N – type સાથે બેટરીનો ઋણ ધ્રુવ (Negative Terminal) સાથે જાડેલો હોય તો આવા બાયસને ફોરવર્ડ બાયસ કહે છે. (અથવા ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ પરિસ્થિતિમાં જોડેલ છે એમ કહેવાય)

ફોરવર્ડ બાયસ પરિસ્થિતિમાં બેટરી દ્વારા ઉદ્ભવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર (ધન ધ્રુવ થી ઋણ ધ્રુવ તરફ) અને જંક્શન પાસે ઉદ્ભવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. આથી બેટરીના વિદ્યુતક્ષેત્રને કારણે ડાયોડના જંક્શન પાસેનું પોટેન્શિયલ બેરીયર ઘટે છે અને ડેપ્લેશન વિસ્તારની પહોળાઇ ઘટે છે.

જ્યારે બેટરી વડે અપાતો વોલ્ટેજ ધીમે ધીમે વધારવામાં આવે ત્યારે N – type માં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન્સ P – type બાજુએ વહન પામે છે, આજ રીતે P – type માં રહેલા હોલ્સ N – type બાજુએ વહન પામે છે.

હવે જ્યારે બેટરીના વોલ્ટેજને ચોક્કસ મુલ્ય સુધી વધારવામાં આવે ત્યારે ડેપ્લેશન વિસ્તાર અત્યંત સાંકડો બને છે આથી વધુ પ્રમાણમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સનું વહન થાય છે. આ સમયે ડાયોડમાંથી નોંધપાત્ર વિદ્યુતપ્રવાહ વહન પામે છે. આ ચોક્કસ વોલ્ટેજને “Knee Voltage” કહે છે.



સીલીકોન (Si) માટે $V_{Knee} = 0.7\ volt$

જર્મેનીયમ (Ge) માટે $V_{Knee} = 0.3\ volt$

આવી પરિસ્થિતિમાં રહેલો ડાયોડ “ON” સ્થિતિમાં છે તેમ કહી શકાય.

Knee Voltage” થી વધુ વોલ્ટેજ આપવામાં આવે તો ડાયોડમાંથી ઉચ્ચ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે જે લગભગ mA ($1\ mA = 10^{-3} A$) ના ક્રમનો હોય છે. જેને ફોરવર્ડ કરંટ પણ કહે છે.

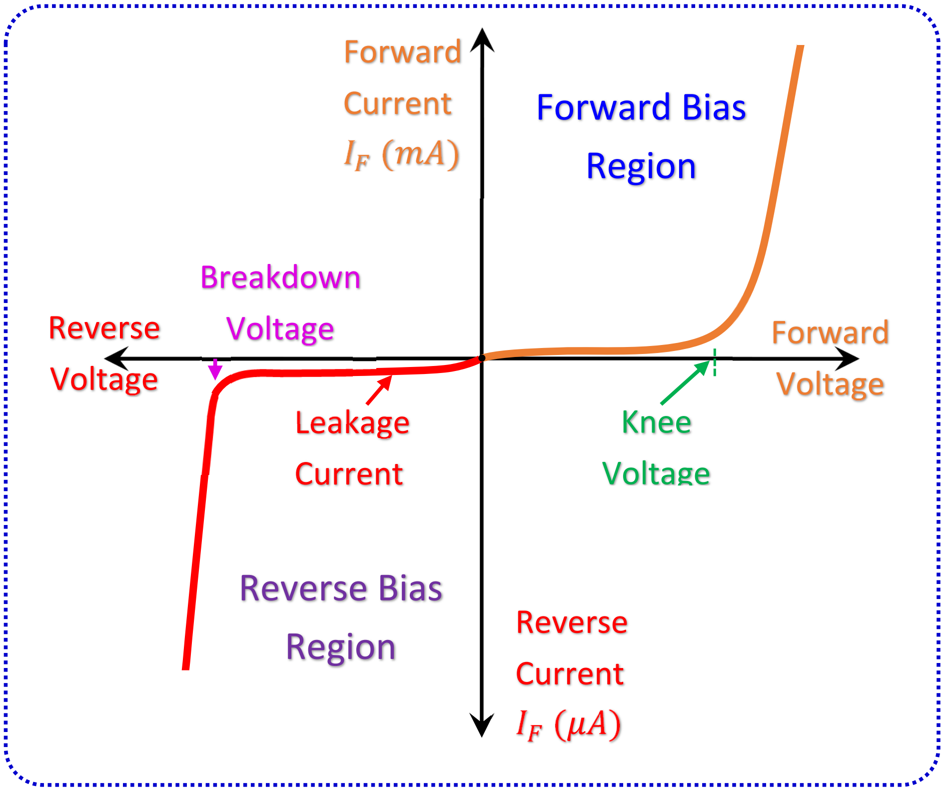
રીવર્સ બાયસ: જ્યારે P – N જંકશન ડાયોડના P – type સાથે બેટરીનો ઋણ ધ્રુવ (Negative Terminal) સાથે અને N – type સાથે બેટરીનો ધન ધ્રુવ (Positive Terminal) સાથે જાડેલો હોય તો આવા બાયસને રીવર્સ બાયસ કહે છે. (અથવા ડાયોડ રીવર્સ બાયસ પરિસ્થિતિમાં જોડેલ છે એમ કહેવાય)

આ પરિસ્થિતિમાં ડાયોડના જંકશન પાસે ઉદ્ભવતું વિદ્યુતક્ષેત્ર અને બેટરીનું વિદ્યુતક્ષેત્ર સમાન દિશામાં હોય છે. આથી બેટરીના વિદ્યુતક્ષેત્રને કારણે ડાયોડના જંકશન પાસેનું પોટેન્શિયલ બેરીયર વધે છે અને ડેપ્લેશન વિસ્તારની પહોળાઇ પણ વધે છે. જે ચાર્જ કેરિયરના વહનને અવરોધે છે.

આ પરિસ્થિતિમાં ડાયોડમાંથી કોઇ પ્રકારનો વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો નથી.

હવે જ્યારે બેટરીનો રીવર્સ વોલ્ટેજ વધારવામાં આવે છે ત્યારે P – type માં રહેલા માઇનોરીટી ચાર્જ કેરિયર (ઇલેક્ટ્રોન્સ) P – type માં રહેલા સીલીકોનનાં સહસંયોજક બંધને તોડે છે જેથી નવા ઇલેક્ટ્રોન્સ મુક્ત થાય છે.

આવા ઇલેક્ટ્રોન્સ જંકશન પાસે ઉદભવેલા ઉચ્ચ વિદ્યુતક્ષેત્ર વડે આકર્ષાય છે અને પ્રવેગિત થાય છે. પ્રવેગિત થવાથી આવા ઇલેક્ટ્રોન્સની ગતિઉર્જા વધે છે. આવા ગતિશીલ ઇલેક્ટ્રોન્સ પોતાના માર્ગમાં આવતા અન્ય સહસંયોજક બંધને તોડે છે અને અન્ય નવા ઇલેક્ટ્રોન્સ ને મુકત કરે છે. આવા ઇલેક્ટ્રોન્સ વડે રચાતા વિદ્યુતપ્રવાહને Leakage Current કહે છે. આ પરિસ્થિતિને " Avalanche Breakdown" કહે છે.



જે વોલ્ટેજના મુલ્ય માટે ને Breakdown Voltage $\boldsymbol{V_{BR}}$ તરીકે ઓળખાય છે.

જ્યારે આ રીવર્સ વોલ્ટેજનું મુલ્ય V_{BR} કરતાં વધુ થાય તો ડાયોડમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું મુલ્ય અતિશય તીવ્રતાથી વધે છે. ઉપર દર્શાવેલ આલેખ P – N જંકશન ડાયોડ માટે V – I લાક્ષણીકતા (Characteristics) રજુ કરે છે.

PN જંકશન ડાયોડની ઉપયોગીતાઓ (PN Junction Diode – Applications):

1. ઇલેક્ટ્રોનિક સ્વિચ તરીકે

2. PN જંકશન ડાયોડને વૉલ્ટેજ ડબલર (Voltage Doubler), ટ્રીપલર (Tripler) ની માફક વૉલ્ટેજ મલ્ટિપ્લાયર સર્કિટ તરીકે.
3. રેક્ટિફાયર અને વેરેક્ટર તરીકે વૉલ્ટેજ કંટ્રોલ્ડ ઑસ્સીલેટર માટે
4. LED અને Photo-Diode તરીકે
5. LASER ડાયોડ તરીકે
6. પાવર ઇલેક્ટ્રોનિક્સ એન્જિનિયરિંગમાં સોલર સેલ તરીકે
7. ડિટેક્ટર તરીકે અને ડિમોડ્યુલેટર તરીકે
8. સંદર્ભ વૉલ્ટેજને ગોઠવવા માટે ક્લેમપિંગ (Clamping) તરીકે
9. તાપમાન સેન્સર તરીકે
10. લૉજિક ગેટ તરીકે

Que. 07. રેકટીફાયર (Rectifier) એટલે શું ? અર્ધતરંગ રેકટીફાયર (Half wave Rectifier) નો વીજ પરિપથ દોરી તેની રચના અને કાર્ય પધ્ધતિ સમજાવો. તેના રીપલ ફેક્ટરની ગણતરી કરો. તેના આઉટપુટ વેવફોર્મ દોરી તેના ફાયદા અને ગેરફાયદાઓની યાદી બનાવો.

Ans: રેકટીફાયર: જે ઉપકરણ AC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહને DC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહ પરિવર્તિત કરે છે તે ઉપકરણને રેકટીફાયર કહે છે.

તેના મુખ્ય બે પ્રકાર છે: (1) અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર (2) પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર

અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયર (Half Wave Rectifier): આ એવા પ્રકારનું રેકટીફાયર છે જે AC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહના માત્ર અર્ધતરંગ (Half Cycle) ને જ DC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહમાં પરિવર્તિત કરે છે.

રચના: અર્ધ તરંગ રેકટીફાયરનો પરિપથ મુખ્ય ત્રણ ભાગનો બનેલ હોય છે.

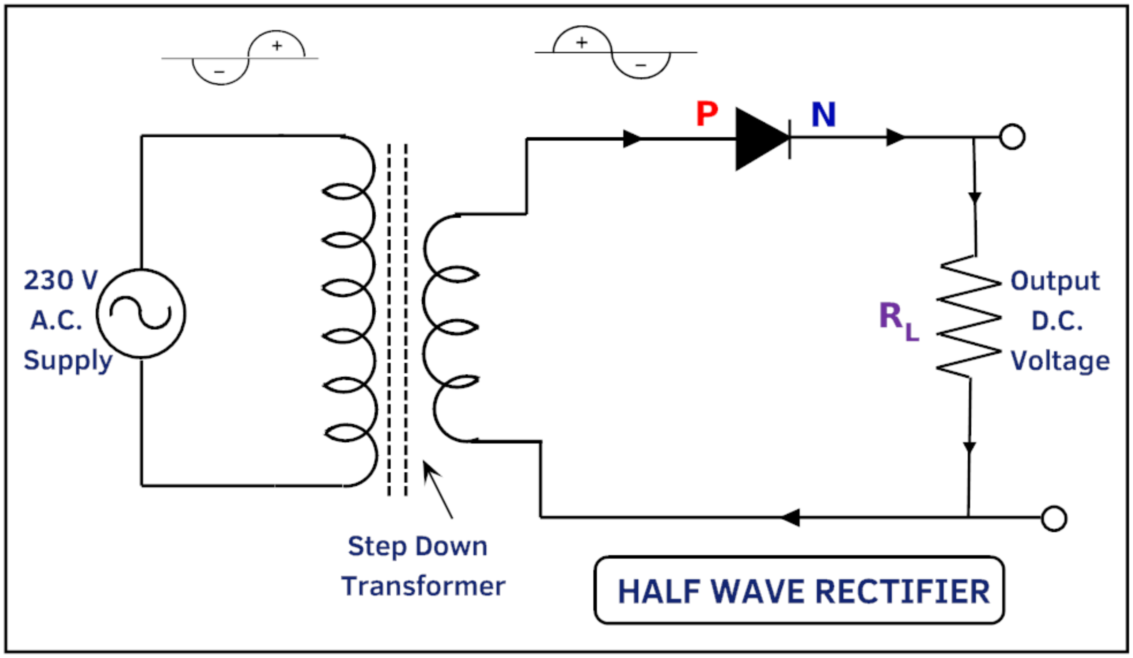
1. PN જંકશન ડાયોડ
2. સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (Step Down Transformer)
3. બાહ્ય અવરોધ (Load)

વીજ પરિપથ: બાહ્ય AC ઉદ્ગમને એક સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર સાથે જોડવામાં આવે છે જે 230 volt AC ને સર્કીટ માટે યોગ્ય એવા 6 volt AC માં ફેરવે છે. આ વોલ્ટેજને સર્કીટમાં રહેલા PN જંકશન ડાયોડને આપવામાં આવે છે. આઉટપુટ વોલ્ટેજને બાહ્ય Load Resistor ને સમાંતર મેળવી શકાય છે.

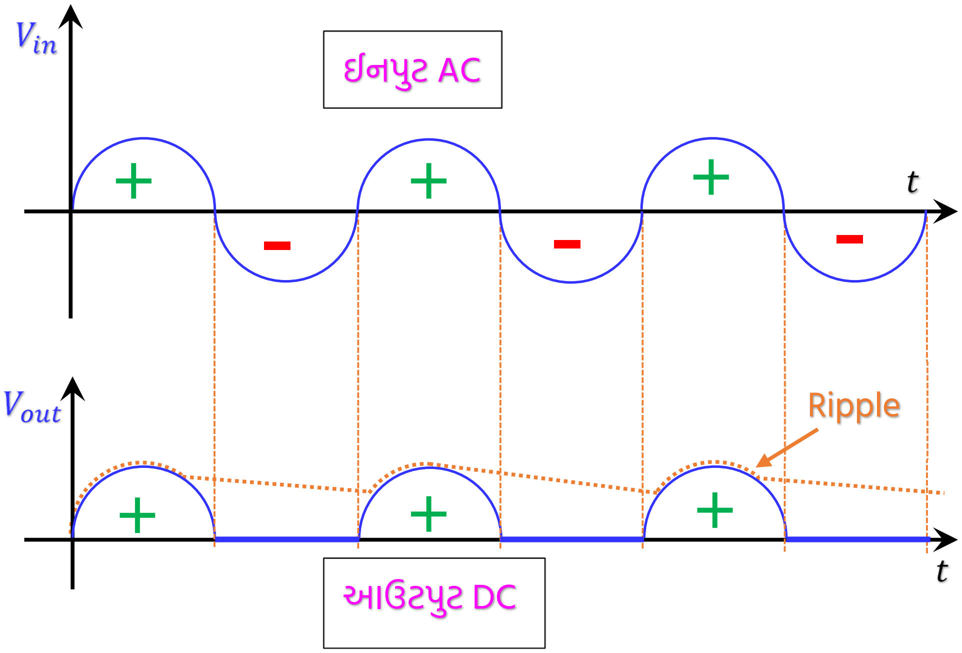
કાર્યપધ્ધતિ:

- AC વોલ્ટેજ એ સમય સાથે વધ-ઘટ પામે છે. તેમાં એક અર્ધ ધન તરંગ અને એક અર્ધ ઋણ તરંગ વારાફરતી આંદોલન પામે છે.
- હવે જ્યારે પ્રથમ ધન અર્ધ તરંગ ડાયોડના P – type ને મળે છે ત્યારે ડાયોડની કાર્યપધ્ધતિ પ્રમાણે ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે.
- જો આપવામાં આવતો ઇનપુટ વોલ્ટેજ ડાયોડના "Knee voltage" કરતા વધારે હોય તો ડાયોડ "ON" સ્થિતિમાં આવે છે અને વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન કરે છે જેને બાહ્ય Load Resistor ને સમાંતર મેળવી શકાય છે.
- હવે જ્યારે પ્રથમ ઋણ અર્ધ તરંગ એ ડાયોડના P - type ને મળે છે ત્યારે ડાયોડની કાર્યપધ્ધતિ પ્રમાણે ડાયોડ રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે.

- રીવર્સ બાયસ પરિસ્થિતિમાં ડાયોડ "OFF" સ્થિતિમાં રહે છે આ દરમિયાન ડાયોડ વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન કરતો નથી.



- આથી આઉટપુટમાં કોઈ જ વોલ્ટેજ મળતો નથી.
- આમ, અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયર ના આઉટપુટમાં માત્ર ધન તરંગનું જ રેક્ટીફીકેશન થાય છે. ઋણ અર્ધ તરંગ દરમિયાન આઉટપુટ વોલ્ટેજ શૂન્ય રહે છે. અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયર માટે ઈનપુટ અને આઉટપુટ વેવફોર્મ નીચે દર્શાવેલ છે.



કાર્યક્ષમતા (**Efficiency**): અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા લગભગ 40.1 % જેટલી હોય છે.

રિપલ ફેક્ટર (γ): રિપલ ફેક્ટર એ આઉટપુટ વોલ્ટેજના AC ઘટક અને આઉટપુટ વોલ્ટેજના DC ઘટકના RMS મૂલ્યનો ગુણોત્તર છે. જેને γ વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

- જ્યારે ઈનપુટ AC વડે આઉટપુટમાં DC વોલ્ટેજ મેળવવામાં આવે છે ત્યારે DC વોલ્ટેજમાં કેટલોક ભાગ AC વોલ્ટેજ (આંદોલન – Ripples) રહી જાય છે. રિપલ ફેક્ટર આ DC આઉટપુટ માં રિપલ્સનું પ્રમાણ દર્શાવે છે.
- $\gamma = \sqrt{\left(\frac{V_{RMS}}{V_{DC}}\right)^2 - 1}$

અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર માટે રીપલ ફેક્ટરનું મુલ્ય 1.21 જેટલું મળે છે.

જેમ રીપલ ફેક્ટર ઓછો હોય તેમ રેકટીફાયર વધુ સારા પ્રમાણમાં AC વોલ્ટેજમાંથી DC વોલ્ટેજમાં ફેરવી શકે છે અને આઉટપુટમાં AC નું પ્રમાણ ઓછું હોય છે.

ફાયદાઓ (Advantages):

1. તેની રચના સરળ હોય છે.
2. સરળ રચનાને કારણે તે કિમંતમાં સસ્તા હોય છે.
3. તેમાં ઓછા ઘટકો (Components) ની જરૂર પડે છે.
4. જ્યાં કાર્યક્ષમતા બહુ મહત્વની બાબત ન હોય તેવા પરિપથમાં તે વધુ સારો ઉપાય છે.

ગેરફાયદાઓ (Dis-advantages):

1. તેમાં માત્ર એક ધન તરંગનું રેકટીફીકેશન થાય છે જેથી આઉટપુટમાં પાવર વ્યય વધે છે.
2. તેનો રીપલ ફેક્ટર વધુ હોય છે જે દર્શાવે છે કે આઉટપુટમાં સ્થિર DC પ્રવાહ મળતો નથી.
3. તેની કાર્યક્ષમતા અન્ય પ્રકારના રેકટીફાયર કરતાં ઓછી હોય છે.
4. તેની ઓછી કાર્યક્ષમતા અને ઊંચા રીપલ ફેક્ટરને કારણે તેનો મર્યાદિત ઉપયોગ શક્ય છે.

ઉપયોગો (Applications):

1. તે પાવર રેકટીફીકેશન માટે વપરાય છે.
2. તે AM સિગ્નલ ડીમોડ્યુલેશન તરીકે વપરાય છે.
3. ઈનપુટ સિગ્નલમાં મહતમ કંપવિસ્તાર (Peak) ડીટેકટ કરવા માટે વપરાય છે.
4. ઈલેક્ટ્રોનિક સર્કીટમાં સોલ્ડરીંગ કરવા માટે Soldering Iron માં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
5. મચ્છર ભગાડનાર રીપેલન્ટ (Mosquito Repellent) માં રહેલી લીડ (Lead) દ્વારા ધુમાડો ઉત્પન કરવા માટે વપરાય છે.

Que. 08. પૂર્ણતરંગ રેકટીફાયર (Full wave Rectifier) નો વીજ પરિપથ દોરી તેની રચના અને કાર્ય પધ્ધતિ સમજાવો. તેના રીપલ ફેક્ટરની ગણતરી કરો. તેના આઉટપુટ વેવફોર્મ દોરી તેના ફાયદા અને ગેરફાયદાઓની યાદી બનાવો.

Ans: પૂર્ણ તરંગ રેક્ટીફાયર **(Full Wave Rectifier):** આ એવા પ્રકારનું રેક્ટીફાયર છે જે AC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહના પૂર્ણ તરંગને (Full Cycle) ને DC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહમાં પરિવર્તિત કરે છે.

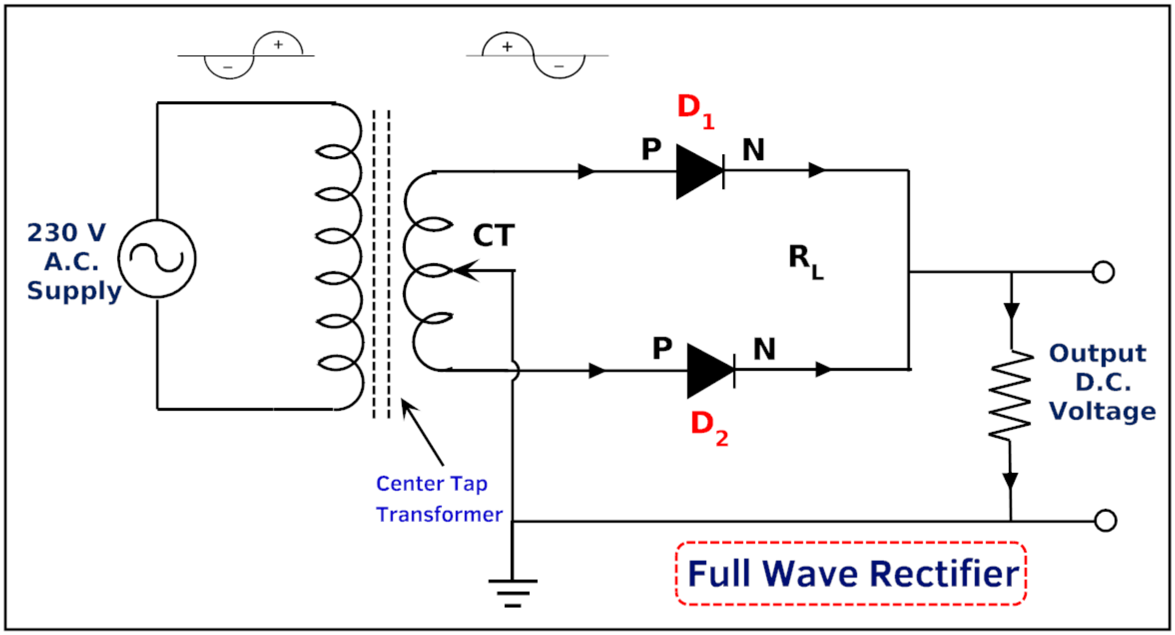
રચના: પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયરનો પરિપથ મુખ્ય ત્રણ ભાગનો બનેલ હોય છે.

1. બે PN જંકશન ડાયોડ
2. સેન્ટર ટેપ્ડ સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (Center Taped Step Down Transformer)

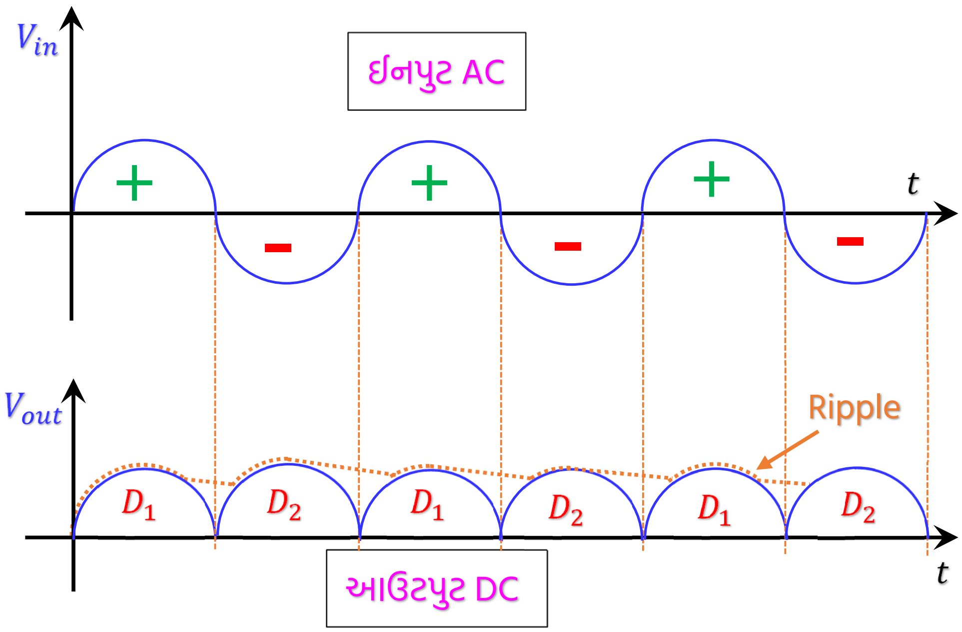
3. બાહ્ય અવરોધ (Load)

કાર્યપધ્ધતિ:

- બાહ્ય AC ઉદ્‌ગમને એક સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર સાથે જોડવામાં આવે છે જેનું સેન્ટર ટેપિંગ કરાલું હોય છે.
- સેન્ટર ટેપિંગ એક એવી રચના છે જે AC વોલ્ટેજના પૂર્ણ તરંગને બે અર્ધ તરંગમાં ફરવે છે. આ બે અર્ધ તરંગ પૈકીના ધન અર્ધ તરંગને ડાયોડ D1 ને આપવામાં આવે છે. બાકીના ઋણ અર્ધ તરંગને ડાયોડ D2 ને આપવામાં આવે છે.



- ડાયોડ D1 ને ધન અર્ધ તરંગ પ્રાપ્ત થવાથી તે ફોરવર્ડ બાયસ અને ડાયોડ D2 ને ઋણ અર્ધ તરંગ પ્રાપ્ત થવાથી તે રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં જોડાય છે.
- આમ, AC પ્રવાહના પ્રથમ અર્ધ તરંગ દરમિયાન ડાયોડ D1માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે જેને આઉટપુટમાં Load Resistance ને સમાંતર મેળવી શકાય છે.
- આ પ્રથમ અર્ધ તરંગ દરમિયાન ડાયોડ D2 રીવર્સ બાયસ એટલે કે “OFF” સ્થિતિમાં રહે છે આથી તેમાંથી કોઈ જ વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો નથી.
- હવે AC પ્રવાહના બીજા અર્ધ તરંગ દરમિયાન ડાયોડ D1 ને ઋણ અર્ધ તરંગ પ્રાપ્ત થવાથી તે રીવર્સ બાયસ અને ડાયોડ D2 ને ધન અર્ધ તરંગ પ્રાપ્ત થવાથી તે ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં જોડાય છે
- આ બીજા અર્ધ તરંગ દરમિયાન ડાયોડ D1 રીવર્સ બાયસ એટલે કે “OFF” સ્થિતિમાં રહે છે આથી તેમાંથી કોઈ જ વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો નથી.
- આ જ સમયે ડાયોડ D2માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે જેને આઉટપુટમાં Load Resistance ને સમાંતર મેળવી શકાય છે.
- આમ, પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયરના આઉટપુટમાં બંને એટલે કે ધન અને ઋણ તરંગનું રેકટીફીકેશન થાય છે. પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર માટે ઇનપુટ અને આઉટપુટ વેવફોર્મ નીચે દર્શાવેલ છે.



કાર્યક્ષમતા (Efficiency): અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયરની કાર્યક્ષમતા લગભગ 81.2% જેટલી હોય છે.

રિપલ ફેક્ટર (γ): રિપલ ફેક્ટર એ આઉટપુટ વોલ્ટેજના AC ઘટક અને આઉટપુટ વોલ્ટેજના DC ઘટકના RMS મૂલ્યનો ગુણોત્તર છે. જેને γ વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

જ્યારે ઈનપુટ AC વડે આઉટપુટમાં DC વોલ્ટેજ મેળવવામાં આવે છે ત્યારે DC વોલ્ટેજમાં કેટલોક ભાગ AC વોલ્ટેજ (આંદોલન – Ripples) રહી જાય છે. રિપલ ફેક્ટર આ DC આઉટપુટ માં રિપલ્સનું પ્રમાણ દર્શાવે છે.

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{V_{RMS}}{V_{DC}}\right)^2 - 1}$$

પૂર્ણ તરંગ રેક્ટીફાયર માટે રીપલ ફેક્ટરનું મુલ્ય 0.48 જેટલું મળે છે.

જેમ રીપલ ફેક્ટર ઓછો હોય તેમ રેક્ટીફાયર વધુ સારા પ્રમાણમાં AC વોલ્ટેજમાંથી DC વોલ્ટેજમાં ફેરવી શકે છે અને આઉટપુટમાં AC નું પ્રમાણ ઓછું હોય છે.

ફાયદાઓ (Advantages):

1. તે AC પ્રવાહના બંને અર્ધ તરંગ દરમિયાન કાર્ય કરે છે.
2. તેની કાર્યક્ષમતા વધુ હોય છે.
3. તેનો DC વોલ્ટેજ અને વિદ્યુતપ્રવાહ અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયર કરતા બમણો હોય છે આથી તેનો આઉટપુટ પાવર વધુ હોય છે.
4. તેનો રીપલ ફેક્ટર ઓછો હોય છે.
5. તેનો રીપલ વોલ્ટેજ ઓછો અને ઉંચી આવૃત્તિ હોવાથી માત્ર સાદી ફિલ્ટર સર્કીટની જ જરૂર પડે છે.
6. તેનો ટ્રાન્સફોર્મર યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર અર્ધ તરંગ રેક્ટીફાયર કરતા વધુ (0.672) હોય છે.
7. તે વધુ સ્થિર (Regulated) DC આઉટપુટ આપે છે.

ગેરફાયદાઓ (Dis-advantages):

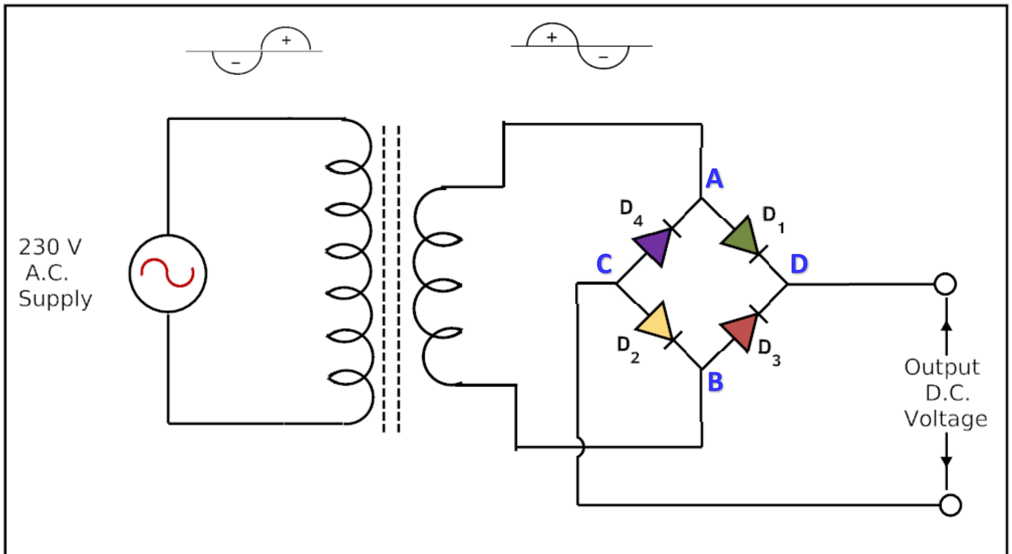
1. તેમાં વધુ ડાયોડની જરૂર પડે છે.
2. તેની રચના અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર કરતાં વધુ જટિલ હોય છે.
3. તેમાં સેન્ટર ટેપ્ડ ટ્રાન્સફોર્મરની જરૂર પડે છે જેનું દ્વિતીય ગૂંચળાનું સેન્ટર ટેપિંગ કરવું અઘરું બને છે જેના કારણે તેની કિંમત વધે છે.
4. જ્યાં ઓછા વોલ્ટેજને રેકટીફાય કરવાનો હોય ત્યાં આ પરિપથ યોગ્ય ઠરતો નથી.
5. ઊંચા પાવરને કારણે તેમાં વધુ ઉષ્મા પેદા થાય છે.

ઉપયોગો **(Applications):**

1. તે પાવર સપ્લાય સર્કીટમાં સ્થિર DC આઉટપુટમેળવવા માટે વપરાય છે.
2. તે બેટરી ચાર્જીંગ કરવા માટે AC થી DC સર્કીટમાં વપરાય છે.
3. તે મોટર કંટ્રોલ કરવાની સર્કીટમાં વપરાય છે.
4. તેનો વેલ્ડીંગ માટેના સપ્લાયમાં ઉપયોગ થાય છે.
5. તેનો ઓડિયો એપ્લીફાયરમાં સિગ્નલને વિવર્ધિત (Amplify) કરવા માટે થાય છે.
6. તે AM સિગ્નલ ડીમોડ્યુલેશન તરીકે વપરાય છે.
7. Voltage multiplier સર્કીટમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.

Que. 09. બ્રીજવેવ રેકટીફાયર (Bridge wave Rectifier) નો વીજ પરિપથ દોરી તેની રચના અને કાર્ય પધ્ધતિ સમજાવો. તેના રીપલ ફેક્ટરની ગણતરી કરો. તેના આઉટપુટ વેવફોર્મ દોરી તેના ફાયદા અને ગેરફાયદાઓની યાદી બનાવો.

Ans: બ્રીજ વેવ રેક્ટીફાયર **(Bridge Wave Rectifier):** આ એવા પ્રકારનું રેકટીફાયર છે જે ચાર કે તેથી વધુ ડાયોડનો ઉપયોગ કરીને AC વોલ્ટેજ/વિદ્યુતપ્રવાહના પૂર્ણ તરંગને (Full Cycle) ને DC વોલ્ટેજ/વિધુતપ્રવાહમાં પરિવર્તિત કરે છે.



BRIDGE WAVE RECTIFIER

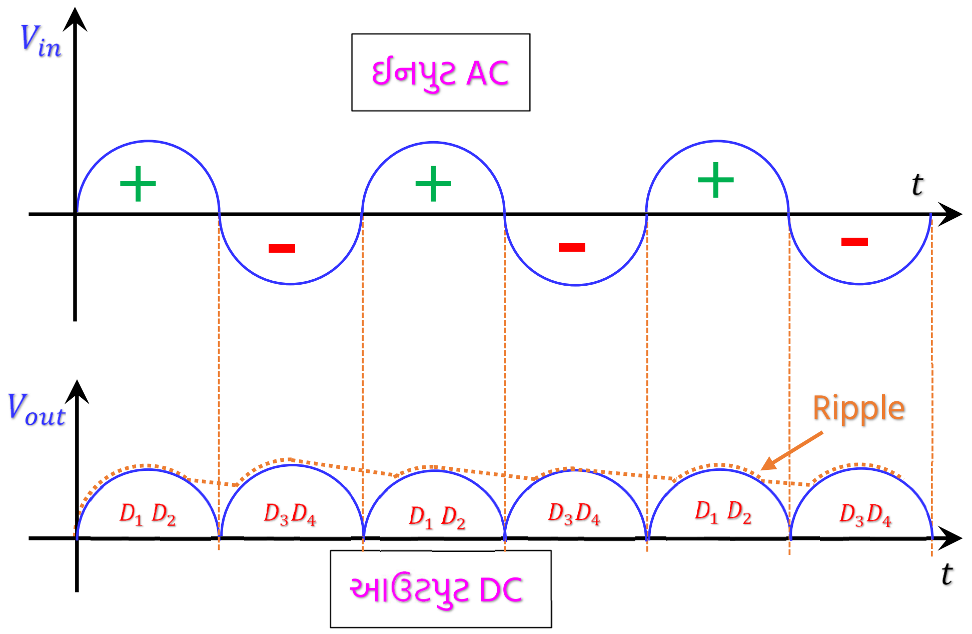
રચના: બ્રીજ વેવ રેકટીફાયરનો પરિપથ મુખ્ય ત્રણ ભાગનો બનેલ હોય છે.

1. ચાર PN જંકશન ડાયોડ
2. સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (Step Down Transformer)

3. બાહ્ય અવરોધ (Load)

કાર્યપધ્ધતિ:

- બાહ્ય AC ઉદ્‌ગમને એક સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર સાથે જોડવામાં આવે છે જે 230 volt AC ને સર્કીટ માટે યોગ્ય એવા 6 volt AC માં ફેરવે છે. આઉટપુટ વોલ્ટેજને બાહ્ય Load Resistor ને સમાંતર મેળવી શકાય છે.
- ચાર ડાયોડને એક બંધ ગાળા (Loop) માં જોડેલ હોવાથી આ રચનાને બ્રીજ કહે છે.
- ઉપરોક્ત નીચા મુલ્યના AC વોલ્ટેજને સર્કીટમાં રહેલા ચાર PN જંકશન ડાયોડને આપવામાં આવે છે.
- જ્યારે AC વોલ્ટેજનું ધન અર્ધ તરંગ ટર્મિનલ A પાસે આવે ત્યારે ડાયોડ D_1 ફોરવર્ડ બાયસ અને ડાયોડ D_4 રીવર્સ તરીકે જોડાય છે. આ જ વખતે AC વોલ્ટેજનું ઋણ અર્ધ તરંગ ટર્મિનલ B પાસે આવે ત્યારે ડાયોડ D_2 ફોરવર્ડ બાયસ અને ડાયોડ D_3 રીવર્સ બાયસ તરીકે જોડાય છે. આમ, ટર્મિનલ D પાસેથી આઉટપુટમાં વોલ્ટેજ પ્રાપ્ત થાય છે.
- હવે જ્યારે AC વોલ્ટેજનું ઋણ અર્ધ તરંગ ટર્મિનલ A પાસે આવે ત્યારે ડાયોડ D_1 રીવર્સ બાયસ અને ડાયોડ D_4 ફોરવર્ડ તરીકે જોડાય છે. આ જ વખતે AC વોલ્ટેજનું ઋણ અર્ધ તરંગ ટર્મિનલ B પાસે આવે ત્યારે ડાયોડ D_2 રીવર્સ બાયસ અને ડાયોડ D_3 ફોરવર્ડ બાયસ તરીકે જોડાય છે. આમ, ટર્મિનલ C પાસેથી આઉટપુટમાં વોલ્ટેજ પ્રાપ્ત થાય છે.



કાર્યક્ષમતા (Efficiency): બ્રીજ વેવ રેકટીફાયરની કાર્યક્ષમતા લગભગ 81.2% જેટલી હોય છે.

રિપલ ફેક્ટર (γ): રિપલ ફેક્ટર એ આઉટપુટ વોલ્ટેજના AC ઘટક અને આઉટપુટ વોલ્ટેજના DC ઘટકના RMS મૂલ્યનો ગુણોત્તર છે. જેને γ વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

જ્યારે ઈનપુટ AC વડે આઉટપુટમાં DC વોલ્ટેજ મેળવવામાં આવે છે ત્યારે DC વોલ્ટેજમાં કેટલોક ભાગ AC વોલ્ટેજ (આંદોલન – Ripples) રહી જાય છે. રિપલ ફેક્ટર આ DC આઉટપુટ માં રિપલ્સનું પ્રમાણ દર્શાવે છે.

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{V_{RMS}}{V_{DC}}\right)^2 - 1}$$

બ્રીજ વેવ રેકટીફાયર માટે રીપલ ફેક્ટરનું મુલ્ય 0.48 જેટલું મળે છે.

જેમ રીપલ ફેક્ટર ઓછો હોય તેમ રેકટીફાયર વધુ સારા પ્રમાણમાં AC વોલ્ટેજમાંથી DC વોલ્ટેજમાં ફેરવી શકે છે અને આઉટપુટમાં AC નું પ્રમાણ ઓછું હોય છે.

ફાયદાઓ (Advantages):

1. તે AC પ્રવાહના બંને અર્ધ તરંગ દરમિયાન કાર્ય કરે છે.
2. તેની કાર્યક્ષમતા અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર કરતા વધુ હોય છે. આમ છતાં તેની કાર્યક્ષમતા પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર જેટલી જ હોય છે.
3. તેનો રીપલ ફેક્ટર ઓછો હોવાથી વધુ સ્થિર (Regulated) DC આઉટપુટ આપે છે.
4. તેમાં AC વોલ્ટેજના બંને અર્ધ તરંગોનું રેકટીફીકેશન કરે છે.
5. તેમાં સેન્ટર ટેપ્ડ ટ્રાન્સફોર્મર વપરાતું ન હોવાથી તેમાં ઉર્જાનો વ્યય ઓછો થયા છે તેમજ તેના જોડાણ સરળ હોય છે.
6. તેમાં સેન્ટર ટેપ્ડ ટ્રાન્સફોર્મર વપરાતું ન હોવાથી તે કિંમતમાં પણ સસ્તા પડે છે.
7. તે અન્ય રેકટીફાયર કરતા વધુ ઉંચો ઇનપુટ વોલ્ટેજ પ્રોસેસ કરી શકે છે.
8. તેનો DC વોલ્ટેજ અને વિધુતપ્રવાહ અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર કરતા બમણો હોય છે આથી તેનો આઉટપુટ પાવર વધુ હોય છે.
9. તેનો ટ્રાન્સફોર્મર યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર કરતા વધુ (0.810) હોય છે.

ગેરફાયદાઓ (Dis-advantages):

1. તેમાં વધુ ડાયોડની જરૂર પડે છે.
2. તેની રચના અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર કરતાં વધુ જટિલ હોય છે.
3. તેમાં વધુ ડાયોડ વપરાતા હોવાથી પાવર વ્યય વધુ થાય છે.

ઉપયોગો (Applications):

1. તે પાવર સપ્લાય સર્કીટમાં સ્થિર DC આઉટપુટમેળવવા માટે વપરાય છે.
2. તે બેટરી ચાર્જીંગ કરવા માટેના AC થી DC સર્કીટમાં વપરાય છે.
3. તે મોટર કંટ્રોલ કરવાની સર્કીટમાં વપરાય છે.
4. તેનો વેલ્ડીંગ માટેના સપ્લાયમાં ઉપયોગ થાય છે.
5. તેનો ઓડિયો એમ્પ્લીફાયરમાં સિગ્નલને વિવર્ધિત (Amplify) કરવા માટે થાય છે.
6. તે AM સિગ્નલ ડીમોડ્યુલેશન તરીકે વપરાય છે.
7. કારમાં વપરાતા Alternator માં ઉત્પન્ન થતા AC ને DC મા ફેરવવા માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
8. સુશોભાન માટે લાઈટીંગમાં આવતા AC ને DC મા ફેરવવા માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.

Que. 10. તફાવત આપો: અર્ધતરંગ રેકટીફાયર અને પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર

Ans:

ઘટક	**અર્ધતરંગ રેક્ટિફાયર (Half Wave)**	**પૂર્ણ તરંગરેક્ટીફાયર (Full Wave)**
વ્યાખ્યા	AC વિદ્યુતપ્રવાહના અર્ધ તરંગને DC પ્રવાહમાં રૂપાંતરિત કરતી ઇલેક્ટ્રોનિક સર્કિટને હાફ-વેવ રેક્ટિફાયર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.	AC વિદ્યુતપ્રવાહના પૂર્ણ તરંગને DC પ્રવાહમાં રૂપાંતરિત કરતી ઇલેક્ટ્રોનિક સર્કિટને હાફ-વેવ રેક્ટિફાયર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.
પ્રકાર	તેના કોઈ પ્રકાર નથી	તેના બે પ્રકાર છે: સેન્ટર ટેપ્ડ અને બ્રીજ વેવ રેક્ટીફાયર
જરૂરી ડાયોની સંખ્યા	તેમાં એક જ ડાયોડની જરૂર પડે છે	સેન્ટર ટેપ્ડમાં બે ડાયોડ અને બ્રીજ વેવ રેક્ટીફાયરમાં ચાર ડાયોડની જરૂર પડે છે.
ટ્રાન્સફોર્મર	તેમાં સેન્ટર ટેપ્ડ ટ્રાન્સફોર્મરની જરૂર પડતી નથી.	પૂર્ણ તરંગરેક્ટીફાયરમાં સેન્ટર ટેપ્ડ ટ્રાન્સફોર્મરની જરૂર પડે છે.
ACના તરંગો	તેમાં AC વિદ્યુતપ્રવાહના માત્ર ધન અથવા ઋણ અર્ધ તરંગને જ રેકટીફાઈ કરી શકે છે.	તેમાં AC વિદ્યુતપ્રવાહના બંને ધન અને ઋણ અર્ધ તરંગને રેકટીફાઈ કરી શકે છે.
વિદ્યુતપ્રવાહ	આઉટપુટમાં જોડેલ Load Resistance માં સતત વિદ્યુતપ્રવાહ મળતો નથી.	આઉટપુટમાં જોડેલ Load Resistance માં સતત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે.
આઉટપુટ વોલ્ટેજ	તેનો આઉટપુટ DC વોલ્ટેજ એ ઇનપુટ વોલ્ટેજ જેટલો જ હોય છે.	તેનો આઉટપુટ DC વોલ્ટેજ એ ઇનપુટ વોલ્ટેજ કરતા બમણો હોય છે.
આવૃત્તિ	અર્ધ તરંગ રેક્ટિફાયર માટે, આઉટપુટની આવૃત્તિ એ ઇનપુટ સપ્લાયની આવૃત્તિ જેટલી હોય છે.	પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયર માટે આઉટપુટ આવૃત્તિ એ ઇનપુટ સપ્લાયની આવૃત્તિ કરતા બમણી હોય છે.
કાર્યક્ષમતા	અર્ધ તરંગ રેક્ટિફાયરની કાર્યક્ષમતા લગભગ 40.6% જેટલી હોય છે.	પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયરની કાર્યક્ષમતા લગભગ 81.2% જેટલી હોય છે.
રીપલ ફેક્ટર	અર્ધ તરંગ રેક્ટિફાયરનો રીપલ ફેક્ટર 1.21 હોય છે.	પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયરનો રીપલ ફેક્ટર 0.482 હોય છે.
ફોર્મ ફેક્ટર	અર્ધ તરંગ રેક્ટિફાયરનો ફોર્મ ફેક્ટર 1.57 હોય છે.	પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયરનો ફોર્મ ફેક્ટર 1.11 હોય છે.

ઘટક	અર્ધતરંગ રેક્ટિફાયર (Half Wave)	પૂર્ણ તરંગરેક્ટીફાયર (Full Wave)
ટ્રાન્સફોર્મર યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર	તેનો ટ્રાન્સફોર્મર યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર ઓછો હોય છે.	તેનો ટ્રાન્સફોર્મર યુટીલાઈઝેશન ફેક્ટર વધુ હોય છે.
વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન	તેનું વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર જેટલું સારું હોતું નથી.	તેનું વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર કરતાં વધુ સારું હોય છે.
Cost	તે કિંમતમાં ઘણાં સસ્તાં હોય છે કારણ કે તેમાં એક જ ડાયોડની જરૂર પડે છે.	તે કિંમતમાં મોંઘા હોય છે કારણ કે તેમાં બે કે ચાર ડાયોડની જરૂર પડે છે.
મુખ્ય ઉપયોગ	ઓછા મૂલ્યના પાવરની જરૂરીયાત હોય તેવા ઉપકરણો માટે અર્ધ તરંગ રેકટીફાયર વપરાય છે. જેમ કે AM સિગ્નલ ડીમોડ્યુલેશન	જ્યાં અચળ અને વધુ પાવરનિજ જરૂરીયાત હોય તેવા ઉપકરણો માટે પૂર્ણ તરંગ રેકટીફાયર વપરાય છે. જેમ કે બેટરી ચાર્જીંગ, પાવર સપ્લાય
અન્ય ઉપયોગો	Soldering Iron, Mosquito Repellent,	ઓડિયો એમ્પલિફાયર, મોટર કંટ્રોલ, કાર ઓલ્ટરનેટર, વોલ્ટેજ મલ્ટીપ્લાયર

Que. 11. ઝેનર ડાયોડનો વીજ પરિપથ દોરી તેની રચના, કાર્યપધ્ધતિ, ફાયદા, ગેરફાયદા તથા ઉપયોગોની યાદી બનાવો.

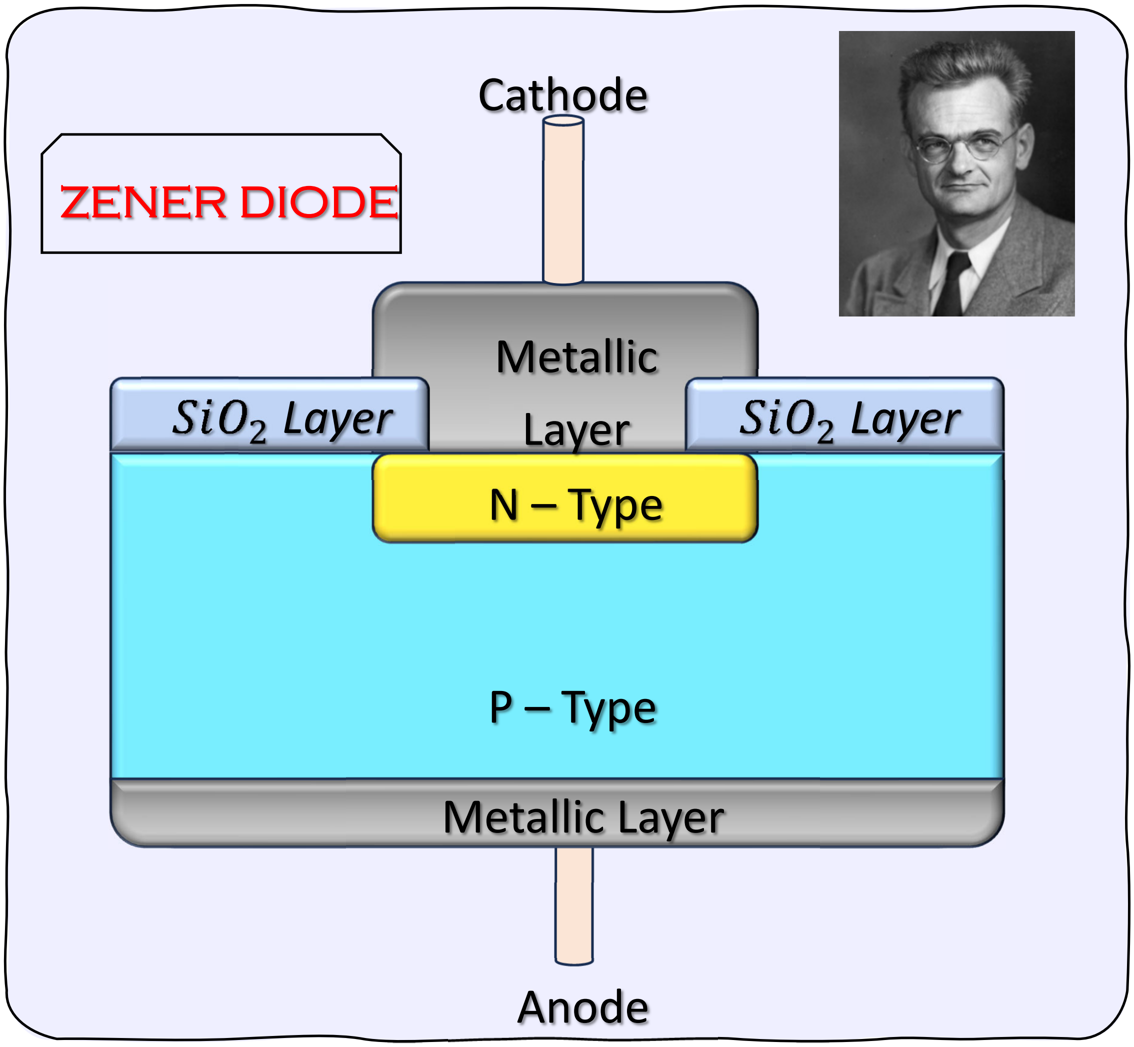
Ans: ઝેનર ડાયોડ **(Zener Diode):** ઝેનર ડાયોડ એક એવું વિશિષ્ટ ઉપકરણ છે જેમાં ચોક્કસ પ્રકારેથી અશુધ્ધિઓ ઉમેરીને બનાવેલું ઉપકરણ છે જે ખાસ કરીને રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં કાર્ય કરવા માટે ડીઝાઈન કરેલ છે.

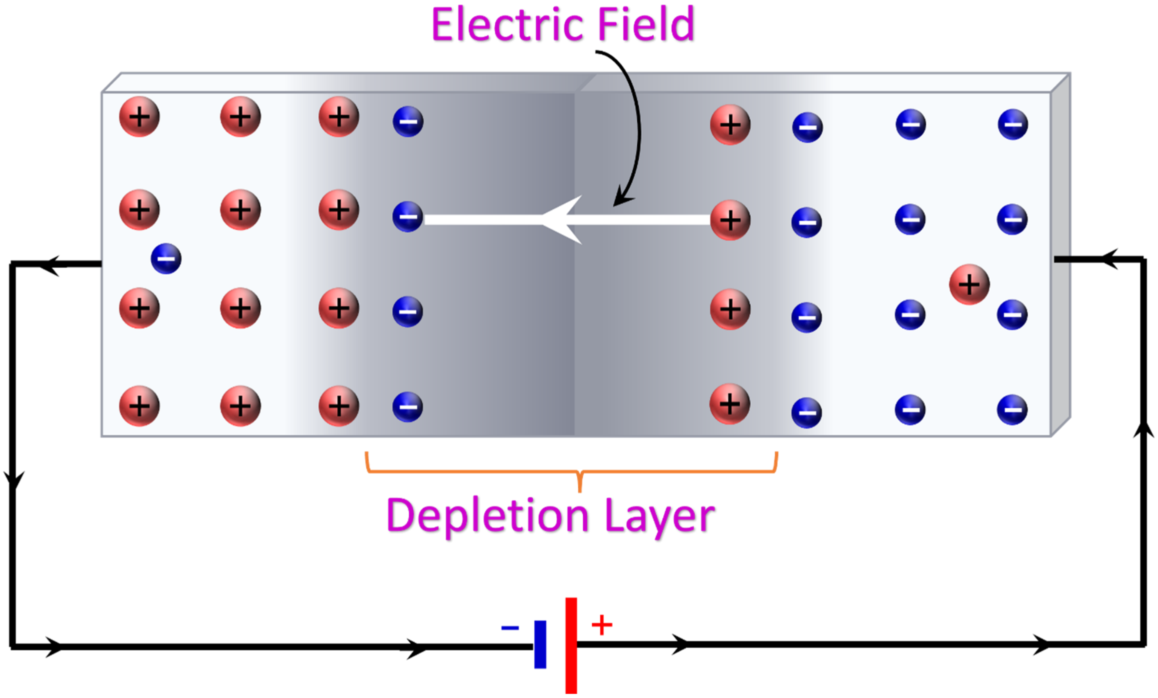
- ✓ ઝેનર ડાયોડ સૌપ્રથમ 1950 માં Clarence Melvin Zener નામના ભૌતિકશાસ્ત્રી દ્વારા બનાવવામાં આવ્યો હતો
- ✓ ઝેનર ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં સામાન્ય P-N જંકશન ડાયોડની માફક વર્તે છે પરંતુ, રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં ઈનપુટ વોલ્ટેજ ચોક્કસ વોલ્ટેજ (Zener Voltage)થી વધુ હોય ત્યારે વિરુદ્ધ દિશામાં વિધુતપ્રવાહને પસાર થવા દે છે.

ઝેનર ડાયોડ – રીવર્સ બાયસ (Zener Diode in Reverse Bias):

ઝેનર ડાયોડમાં **અશુદ્ધિનું પ્રમાણ**, સામાન્ય ડાયોડ કરતાં વધુ હોવાથી ડેપ્લેશન વિસ્તાર **સાંકડો** બને છે.

- ✓ રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં **ઈનપુટ વોલ્ટેજ દ્વારા રચાતું વિધુતક્ષેત્ર** અને **ડેપ્લેશન વિસ્તારનું વિધુતક્ષેત્ર** બંને **સમાન** દિશામાં હોવાથી ડેપ્લેશન વિસ્તારમાં પ્રવર્તતું **વિધુતક્ષેત્ર વધુ પ્રબળ** બને છે.
- ✓ આવું પ્રબળ વિધુતક્ષેત્ર એ વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોનને આકર્ષે છે. આવા ઈલેક્ટ્રોન સહ-સંયોજક બંધ તોડીને મુક્ત બને છે. આવું થવાથી વિધુતપ્રવાહમાં તીવ્ર વધારો થાય છે. આ ઘટનાને

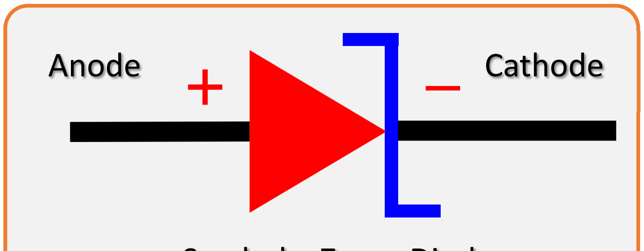




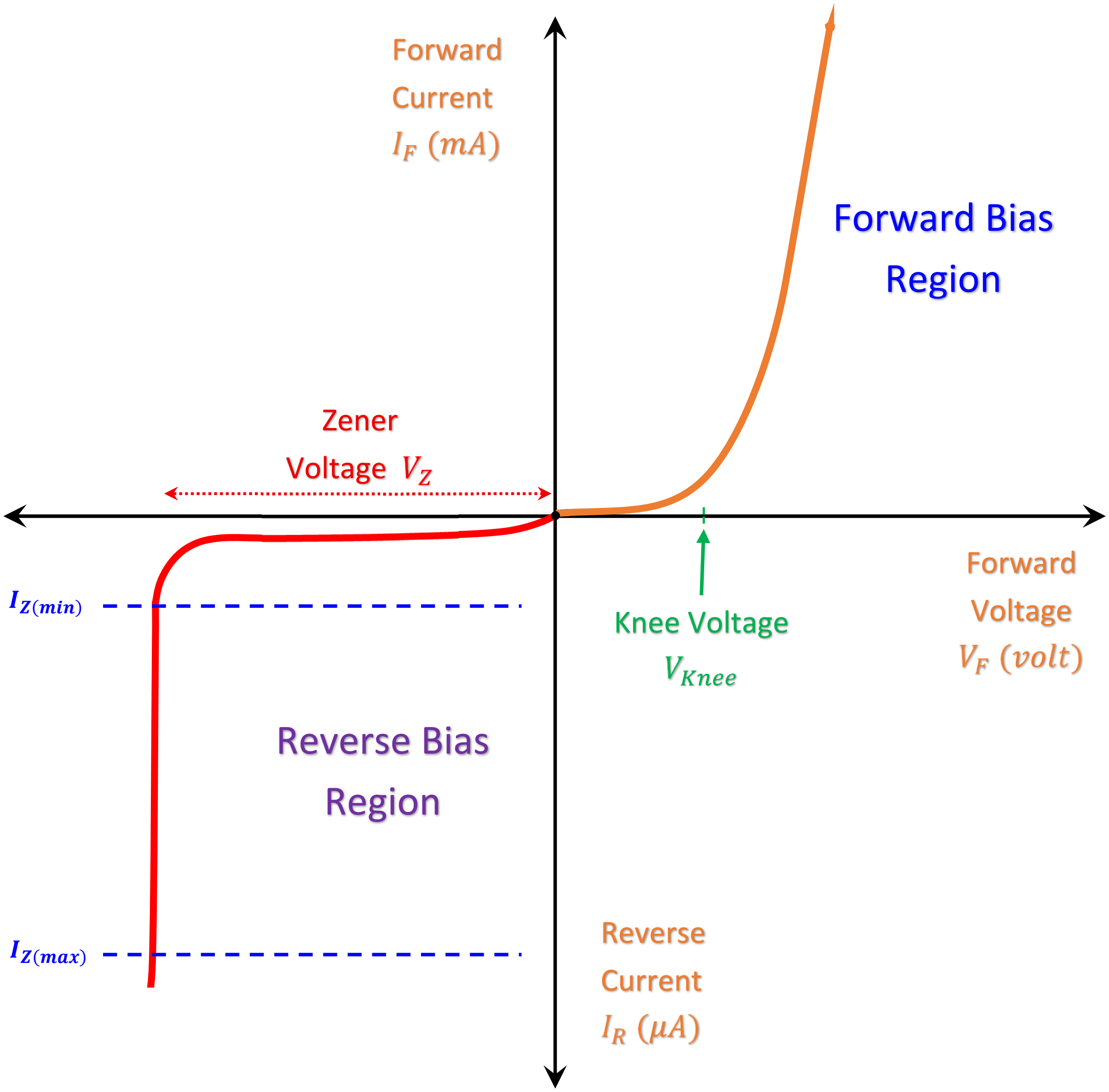
- ✓ ઝેનર બ્રેકડાઉન (Zener Breakdown) કહે છે અને આવા ઈનપુટ વોલ્ટેજને Zener Voltage કહે

છે. આ વખતે ઝેનર ડાયોડમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહને ઝેનર પ્રવાહ I_Z કહે છે.

- ✓ અહીં ઝેનર ડાયોડની સંજ્ઞા દર્શાવેલ છે.
- ✓ નીચે દર્શાવેલ આલેખ ઝેનર ડાયોડની I – V લાક્ષણિકતાઓ દર્શાવે છે.
- ✓ ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z ની રેન્જ 2.4 volt થી લઈને 200 volt સુધીની હોય છે.
- ✓ ઝેનર પ્રવાહ I_Z ની રેન્જ 200 μA થી લઈને 200 mA સુધીની હોય છે.



Symbol – Zener Diode



ફાયદા (Advantages):

- ✓ સામાન્ય ઝેનર ડાયોડ સસ્તી કિંમતે ઉપલબ્ધ હોય છે.
- ✓ જુદી જુદી બાહ્ય Load Conditions સ્થિતિઓમાં ઝેનર ડાયોડ લગભગ સ્થિર આઉટપુટ વોલ્ટેજ આપે છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડને શન્ટ રેગ્યુલેટર તરીકે ઉપયોગ થતો હોવાથી નાની નાની સર્કીટમાં તે બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડને વોલ્ટેજ લેવલ ઉપર-નીચે બદલવા (Shift) કરવા માટે વપરાય છે.
- ✓ ફોરવર્ડ બાયસમાં તેને સમાન્ય ડાયોડની જગ્યાએ પણ વાપરી શકાય છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડ લગભગ તમામ પ્રકારની સર્કીટ સાથે અનુકુળ હોવાથી તેનો વધુ ઉપયોગ થાય છે.
- ✓ એમ્પલીફાયર અથવા ફીડબેક લૂપ જેવા જટિલ ઉપકરણોના ઉપયોગ સિવાય પણ ઝેનર ડાયોડ ચોક્કસ વોલ્ટેજ સપ્લાય કરે છે.
- ✓ તે જટિલ Linear/Switching રેગ્યુલેટર કરતાં વધુ ઝડપે પ્રતિક્રિયા (Response) આપે છે.

ગેરફાયદા (Disadvantages):

- ✓ ઝેનર ડાયોડના પાવર રેટિંગની મર્યાદા બહાર પાવર રેગ્યુલેટ કરી શકાતો નથી. આથી High Power ઉપકરણો માટે તેનો ઉપયોગ થતો નથી.
- ✓ ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z એ તેની બંધારણીય રચના પર આધારિત હોય છે આથી બાદમાં તે મુલ્યને ક્યારેય બદલી શકાતું નથી.
- ✓ ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z તાપમાન સાથે બદલાય છે. આથી તાપમાનની મોટી રેન્જ માટે તેના નક્કી કરેલા ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z થી બદલાઇ શકે છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડના ઉત્પાદન વખતે કોઈ ખામી રહી ગઇ હોય તો ચોક્કસ રેન્જમાં વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટ કરી શકાતો નથી.
- ✓ ઉંચી ચોક્કસાઈ ધરવતા ઝેનર ડાયોડ સામાન્ય ઝેનર ડાયોડ કરતાં મોંઘા હોવાથી સામાન્ય ઝેનર ડાયોડ વડે ઈચ્છિત રેગ્યુલેશન મેળવી શકાતું નથી.
- ✓ રીવર્સ બાયાસ સ્થિતિમાં જયારે ઇનપુટ વોલ્ટેજ એ ઝેનર કરતાં વધુ હોય તો ઝેનર ડાયોડ બાકીનો વોલ્ટેજ દુર કરી દે છે જેને કારણે વિદ્યુતઉર્જાનો વ્યય થાય છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડની I – V લાક્ષણિકતાઓ સુરેખ હોતી નથી આથી સર્કીટની રચના અને તેનું પૃથ્થકરણ અઘરું બને છે.
- ✓ ઝેનર ડાયોડને રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં ઉપયોગ લેવાતો હોવાથી જો તેની સાથે જોડવામાં આવતા અન્ય ઘટકો જેવા કે અવરોધ, કેપેસીટર, ઇન્ડકટર જો યોગ્ય મુલ્યના ન હોય તો સર્કીટમાં ખામી સર્જાઇ શકે છે.

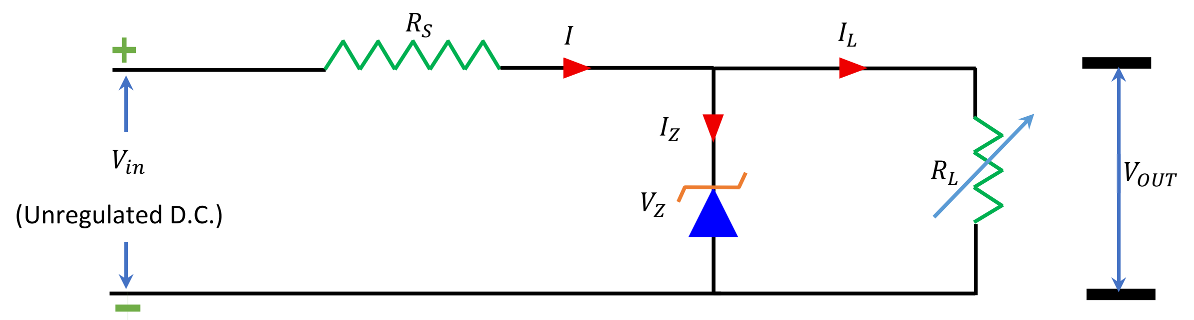
ઉપયોગો (Applications):

- ✓ ઝેનર ડાયોડનો મહત્તમ ઉપયોગ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર તરીકે થાય છે.
- ✓ તેનો અવરોધ ઇનપુટ વોલ્ટેજ સાથે બદલાતો હોવાથી સ્વિચ તરીકે પણ ઉપયોગ થાય છે.
- ✓ કેટલાંક પ્રકારના તરંગ અથવા તેમનો આકાર બદલવા માટે તેમજ ઓવર-વોલ્ટેજના નિયંત્રણ માટે Clipper તરીકે ઉપયોગ થાય છે.
- ✓ મલ્ટીમીટર જેવા અંત્યંત સંવેદનશીલ ઉપકરણોમાં જો ભૂલથી ખોટા પ્રકારે જોડાણ થઇ જાય તો મલ્ટીમીટરના રક્ષણ માટે તેની સાથે સમાંતરમાં ઝેનર ડાયોડ જોડાવામાં આવે છે જે વધારાના વિદ્યુતપ્રવાહને દુર કરે છે અને મલ્ટીમીટરને ખરાબ થતું અટકાવે છે.

- ✓ ઊંચા મુલ્યનાં ઈનપુટ વોલ્ટેજને ઝેનર વોલ્ટેજ જેટલા મુલ્યનો કરવા માટે Shifter Circuit તરીકે થાય છે.

Que. 12. ઝેનર ડાયોડનો વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર (Voltage Regulator)તરીકે કેવી રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે તે સમજાવો.

Ans: વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર એવું ઉપકરણ છે જે AC પ્રવાહ ના ઈનપુટમાં ફેરફાર, તાપમાનમાં ફેરફાર, Load current માં ફેરફાર સામે સ્થિર આઉટપુટ વોલ્ટેજ (Stable/Regulated Output voltage) પૂરો પાડે છે.



- ✓ ઝેનર ડાયોડને બ્રેક ડાઉન વિસ્તારમાં વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર તરીકે વપરાય છે જેની સર્કીટ ઉપર મુજબ છે.
- ✓ ઝેનરમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહનું નિયંત્રણ કરવા માટે અને ઊંચા વિદ્યુતપ્રવાહથી થતા નુકસાનને ટાળવા માટે ચોક્કસ મૂલ્યનો શન્ટ અવરોધ (Shunt Resistor) R_S જોડવામાં આવે છે.
- ✓ આ સર્કીટને અનિયંત્રિત/અસ્થિર (Uncontrolled/Unstable/Unregulated) D.C. ઈનપુટ વોલ્ટેજ આપવામાં આવે છે. ઝેનર ડાયોડની સમાંતરમાં બાહ્ય અવરોધ (Load Resistance) R_L ગોઠવવામાં આવે છે જ્યાં નિયંત્રિત અને અચળ/સ્થિર (Regulated) આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O મેળવવામાં આવે છે.
- ✓ જ્યારે ઈનપુટ D.C. વોલ્ટેજનું મુલ્ય એ ઝેનર બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z કરતાં વધારવામાં આવે છે ત્યારે ઝેનર ડાયોડનો અવરોધ ઘટી જવાથી ઝેનર ડાયોડમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહનું મુલ્ય અતિશય વધી જાય છે. આમ થવાથી સર્કીટમાં જોડેલા શન્ટ અવરોધ R_S માંથી પણ વધુ વિદ્યુતપ્રવાહ વહે છે. જેના કારણે R_S માં થતો વોલ્ટેજ વ્યય (Voltage Drop) પણ વધે છે. [$\because V = IR$]
- ✓ આવા સમયે I અને I_Z નું મુલ્ય વધવાથી Load Resistance માંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I_L બદલાતો નથી. આથી $V_O = I_L \times R_L$ પ્રમાણે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O પણ અચળ રહે છે.
- ✓ $I = I_Z + I_L$
- ✓ અહીં ઝેનર ડાયોડ રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં હોવાથી જો ડાયોડમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ I_Z વધી જાય તો પણ ઝેનર ડાયોડનો અવરોધ ઘટવાથી $V = IR$ પ્રમાણે ઝેનર ડાયોડનો વોલ્ટેજ V_Z અચળ રહે છે.
- ✓ આ ડાયોડ બાહ્ય Load resistor ને સમાંતર હોવાથી આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O પણ ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z જેટલો જ અચળ રહે છે. (અવરોધોના સમાંતર જોડાણ માટે તમામ અવરોધ માટે વોલ્ટેજનું મુલ્ય સમાન રહે છે.)
- ✓ જો ઈનપુટ D.C. વોલ્ટેજ ઘટાડવામાં આવે તો ડાયોડમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ ઘટી જાય છે અને R_S માંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I પણ ઘટી જવાથી R_S માં થતો વોલ્ટેજ વ્યય ઘટી જાય છે.
- ✓ આ સમયે $I = I_Z + I_L$ પ્રમાણે આઉટપુટમાં વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ I_L અચળ રહે છે. આથી, Load Resistance R_L પાસે મળતો વોલ્ટેજ લગભગ ઈનપુટ વોલ્ટેજ જેટલો જ હોય છે.

- ✓ ઉપરોક્ત બંને બાબતોના સારાંશ તરીકે એવી રજૂઆત કરી શકાય કે ઇનપુટ વોલ્ટેજમાં કોઇ પણ પ્રકારનો ફેરફાર થાય તો તેની R_S માં થતો વોલ્ટેજ વ્યય અને ઝેનરમાં વેતા વિદ્યુતપ્રવાહ I_Z માં ફેરફાર થાય છે. જેથી, આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O લગભગ અચળ રહે છે.
- ✓ આમ બંને પરિસ્થિતિઓમાં ઝેનર ડાયોડ એ કાર્યક્ષમ વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર તરીકે કાર્ય કરે છે.

Que. 13. Opto-electronics Device એટલે શું? તેનું વર્ગીકરણ સમજાવો.

Ans: OPTO – ELECTRONIC DEVICES: અર્ધવાહકોમાંથી બનાવેલા ઉપકરણો કે જે વિદ્યુત ઉર્જાનું પ્રકાશ ઉર્જામાં અને પ્રકાશ ઉર્જાનું વિદ્યુત ઉર્જામાં રૂપાંતર કરે છે તેવા ઉપકરણોને ઓપ્ટો ઇલેક્ટ્રોનિક ડિવાઇસીસ કહે છે.

આવા ઉપકરણો પ્રકાશ-દ્રવ્યની આંતરક્રિયા પર આધારીત હોય છે. આવા ઉપકરણો ફોટો-ઇલેક્ટ્રિક અસર (Photo-electric effect) અથવા ઇલેક્ટ્રો-લ્યુમિનન્સ (Electroluminescence) જેવી ઘટનાઓના સિધ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.

Opto-electronics ઉપકરણો મુખ્યત્વે બે ભાગમાં વિભાજીત કરી શકાય છે.

1. પ્રકાશ ઉત્સર્જક (Light Emitters): અર્ધવાહકોમાંથી બનાવેલા ઉપકરણો કે જે વિદ્યુત ઉર્જાનું પ્રકાશ ઉર્જામાં રૂપાંતર કરે છે તેવા ઉપકરણોને પ્રકાશ ઉત્સર્જક ઉપકરણો કહે છે. દા.ત. LED, Laser Diode.
2. પ્રકાશ સંવેદક/સંશોધક (Light Detector): અર્ધવાહકોમાંથી બનાવેલા ઉપકરણો કે જે પ્રકાશ ઉર્જાનું વિદ્યુત ઉર્જામાં રૂપાંતર કરે છે તેવા ઉપકરણોને પ્રકાશ સંવેદક/સંશોધક (Light Detector) કહે છે. દા.ત. ફોટોડાયોડ, સોલાર સેલ, ફોટો-ટ્રાન્ઝીસ્ટર.

Que. 14. LED ડાયોડનો સિધ્ધાંત, રચના, કાર્યપધ્ધતિ, ફાયદા, ગેરફાયદા અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

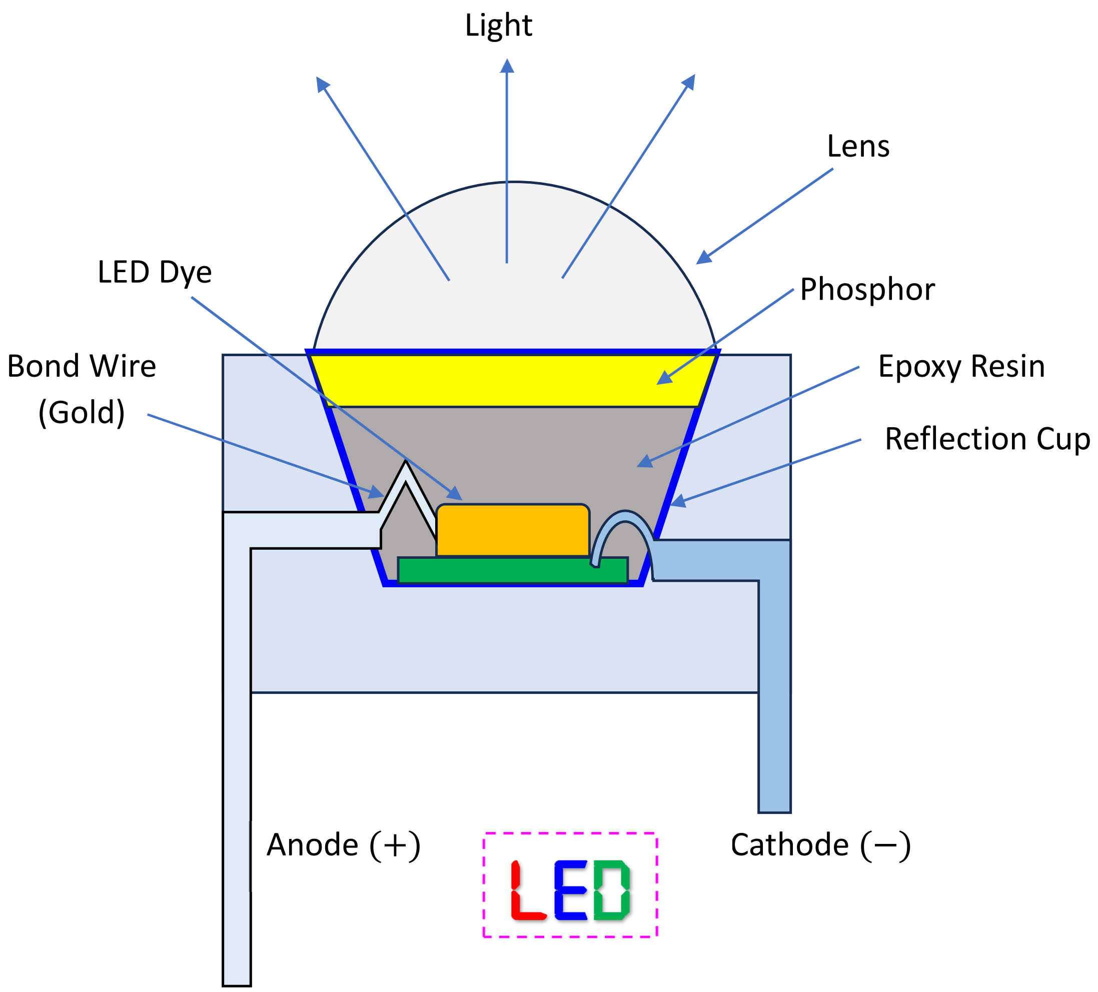
Ans: વ્યાખ્યા: જે ડાયોડ વિદ્યુત ઉર્જાનું પ્રકાશ ઉર્જામાં રૂપાંતર કરે છે તેવા ડાયોડને લાઇટ એમીટીંગ ડાયોડ (Light Emitting Diode - LED) કહે છે.

- ✓ LED એ PN જંકશન ડાયોડ છે જેને ફોરવર્ડ બાયસમાં જોડતા તે દ્રશ્ય પ્રકાશનું ઉત્સર્જન કરે છે.
- ✓ આ ઘટનામાં વિદ્યુત ઉર્જા નું પ્રકાશ ઉર્જામાં રૂપાંતરણ થતું હોવાથી આ ઘટનાને Electroluminescence ઇલેક્ટ્રોલ્યુમીનન્સ કહે છે.

Const+ruction:

- ✓ LED ની રચના સામાન્ય PN જંક્શન ડાયોડ કરતાં તદ્દન અલગ હોય છે.
- ✓ LED નું PN જંક્શન જેને સેમિકન્ડક્ટર ડાઇ (Semiconductor Dye) કહે છે તેને પારદર્શક અને સખત Epoxy Resin ના અર્ધ ગોળાકાર કવચ વડે મઢી લેવામાં આવે છે.
- ✓ આ કવચ એક લેન્સની માફક વર્તે છે અને તે એવી રીતે લગાવવામાં આવે છે કે જેથી ઉત્સર્જિત થતો તમામ પ્રકાશ કવચના ભાગેથી ઉપરની બાજુએ કેન્દ્રિત થાય છે. જેથી ઉત્સર્જીત પ્રકાશની તીવ્રતા અને તેજસ્વીતા વધુ હોય છે.
- ✓ LED નો સૌથી મહત્વનો ભાગ જે સેમિકન્ડક્ટર ડાઇ છે જેને સીસા (Lead) ની ફ્રેમ પર બેસાડેલો હોય છે.
- ✓ સેમિકન્ડક્ટર ડાઇને એક પરાવર્તક શંકુ જેવા આકારમાં મૂકી તેના ફોસ્ફર જેવો પદાર્થ લગાડેલ હોય છે. જે રીફલેક્ટર તરીકે વર્તે છે.
- ✓ આ રીફલેક્ટર કપ (Reflector Cup) સાથે કેથોડનું જોડાણ હોય છે જ્યારે સેમિકન્ડક્ટર ડાઇની ઉપરની સપાટીને સોનાના તાર વડે એનોડ સાથે જોડાણ કરેલ હોય છે.

- ✓ એનોડ ધ્રુવની ઓળખ માટે LED માં એનોડ ની લંબાઈ કેથોડ કરતાં જરાક વધારે રાખવામાં આવે છે.



Working:

- ✓ જ્યારે LED ના PN જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં રાખવામાં આવે છે ત્યારે N – type બાજુએ રહેલા ઇલેક્ટ્રોન અને P – type બાજુએ રહેલા હોલ જંક્શન પાસે પ્રસારણ (Diffusion) પામે છે.
- ✓ જ્યારે તેઓ જંક્શન પસાર કરીને બીજી બાજુએ પહોંચે છે ત્યારે તેઓ Minority Charge Carrier બને છે. અર્થાત P – type બાજુએ રહેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ અને N – type બાજુએ રહેલા હોલ્સ એ માઇનોરીટી ચાર્જ કેરીઅર (Minority Charge Carrier) તરીકે વર્તે છે.
- ✓ આ Minority Charge Carrier જે તે વિસ્તારમાં રહેલા Majority Charge Carrier સાથે પુન: જોડાણ (Re-combinations) પામે છે. જેમ કે, P – type બાજુએ રહેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ ત્યાં રહેલા હોલ્સ સાથે પુન: જોડાણ કરે છે અર્થાત, કન્ડક્શન બેન્ડમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોન વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા હોલ સાથે જોડાય છે
- ✓ પુન: જોડાણની પ્રક્રિયા દરમિયાન કન્ડક્શન બેન્ડ અને વેલેન્સ બેન્ડના ઊર્જા ના તફાવત (Band Gap) જેટલી ઊર્જા ધરાવતું વિકિરણ દ્રશ્ય પ્રકાશના સ્વરૂપમાં છૂટું પડે છે.
- ✓ આ દ્રશ્ય પ્રકાશના વિકિરણની ઊર્જા એ $E = hf$ સૂત્ર વડે નક્કી થાય છે.

  જ્યાં, f એ ઉત્સર્જીત પ્રકાશની આવૃત્તિ,

  h એ પ્લાન્કનો અચળાંક, $h = 6.626 \times 10^{-34}\ J \cdot s$

E એ ઉત્સર્જિત પ્રકાશની ઊર્જા

✓ ઉત્સર્જીત પ્રકાશનો રંગ એ એનર્જી બેન્ડ ગેપ દ્વારા નક્કી થાય છે.

માત્ર માહિતી અને જાણકારી માટે:

1. ગેલિયમ આર્સેનાઈડ (GaAs) – ઇન્ફ્રારેડ (અદૃશ્ય પ્રકાશ)
2. ગેલિયમ આર્સેનિક ફોસ્ફાઇડ (GaAsP) – લાલ રંગ – 1.58 volt
3. ગેલિયમ આર્સેનિક ફોસ્ફાઇડ: નાઈટ્રોજન (GaAsP: N) – પીળો રંગ – 2.2 volt
4. એલ્યુમિનિયમ ગેલિયમ ફોસ્ફાઇડ (AlGaP) – લીલો રંગ – 3.5 volt
5. સિલિકોન કાર્બાઇડ (Sic) – વાદળી રંગ – 3.6 volt
6. ગેલિયમ ઇન્ડિયમ નાઈટ્રાઇડ – સફેદ રંગ – 4.0 volt

ફાયદા (Advantages):

1. LED ની કાર્યકારી તાપમાનની રેન્જ 0 ℃ થી 70 ℃ સુધીની હોય છે.
2. તેના પર તાપમાનની અસર થતી નથી.
3. તેના પર Epoxy Resin નું સખત અને મજબૂત કવચ હોવાથી આંચકા તથા યાંત્રિક આઘાત પણ ખમી શકે છે.
4. તેને ઇચ્છિત આકારમાં બનાવી શકતા હોવાથી તેને આંકડા અને મૂળાક્ષરોને ડિસ્પ્લે કરી શકાય છે.
5. ઓપ્ટો-કપલર સર્કિટને ઇલેક્ટ્રિકલી અલગ કરી અને ઓપ્ટિકલી જોડે છે.
6. તેનો સ્વીચિંગ સમય 1 નેનો સેકન્ડ જેટલો હોય છે.
7. તે તત્ક્ષણ શરૂ થાય છે આથી તેને શરૂ થવામાં વાર લાગતી નથી.
8. તે Incandescent bulb થી લગભગ 10 થી 50 ગણા વધુ કાર્યક્ષમ હોય છે.
9. તેમાં કોઈ હાનિકારક વાયુનો ઉપયોગ થતો નથી.

ગેરફાયદા (Disadvantages):

1. તે ખરેખર એક PN જંકશન ડાયોડ હોવાથી એકમાર્ગીય (Uni-Directional) છે આથી તેને રિવર્સ બાયસ માં જોડીશકાતો નથી.
2. તેને સર્કિટમાં લગાવતી વખતે તેના ધન ધ્રુવ (Anode +) અને ઋણ ધ્રુવ (Cathode –) ને યોગ્ય રીતે જોડવા પડે છે.
3. તે LCD જેટલા ઉર્જા કાર્યક્ષમ નથી આથી, તેને મોટા ડિસ્પ્લે માફક બનાવી શકાતા નથી.
4. સામાન્ય PN જંક્શન ડાયોડ કરતાં વધુ પાવર વાપરે છે.
5. તેના વિકિરણના ઉત્સર્જનનો રંગ સમય જતા થોડોક બદલાય છે.
6. તેની શરૂઆતની પડતર કિંમત ઊંચી હોય છે.

ઉપયોગીતાઓ (Applications):

1. તે ઘર, ઓફિસ અને ફેક્ટરીઓમાં રોશની (પ્રકાશ) મેળવવા માટે વપરાય છે.
2. જાહેર માર્ગો પર ટ્રાફિક લાઈટ અને રેલવેના સિગ્નલ તરીકે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
3. ડિજિટલ ઘડિયાળ, કેલ્ક્યુલેટર, ડિજિટલ મલ્ટીમીટર જેવા ઘરેલું તેમજ અને પ્રાયોગિક સાધનોની ડિસ્પ્લે તરીકે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
4. ઇલેક્ટ્રોનિક સર્કિટમાં સૂચક (Indicator) તરીકે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
5. પાવર સપ્લાયમાં સપ્લાયનો પાવર ON દર્શાવવા માટે વપરાય છે.

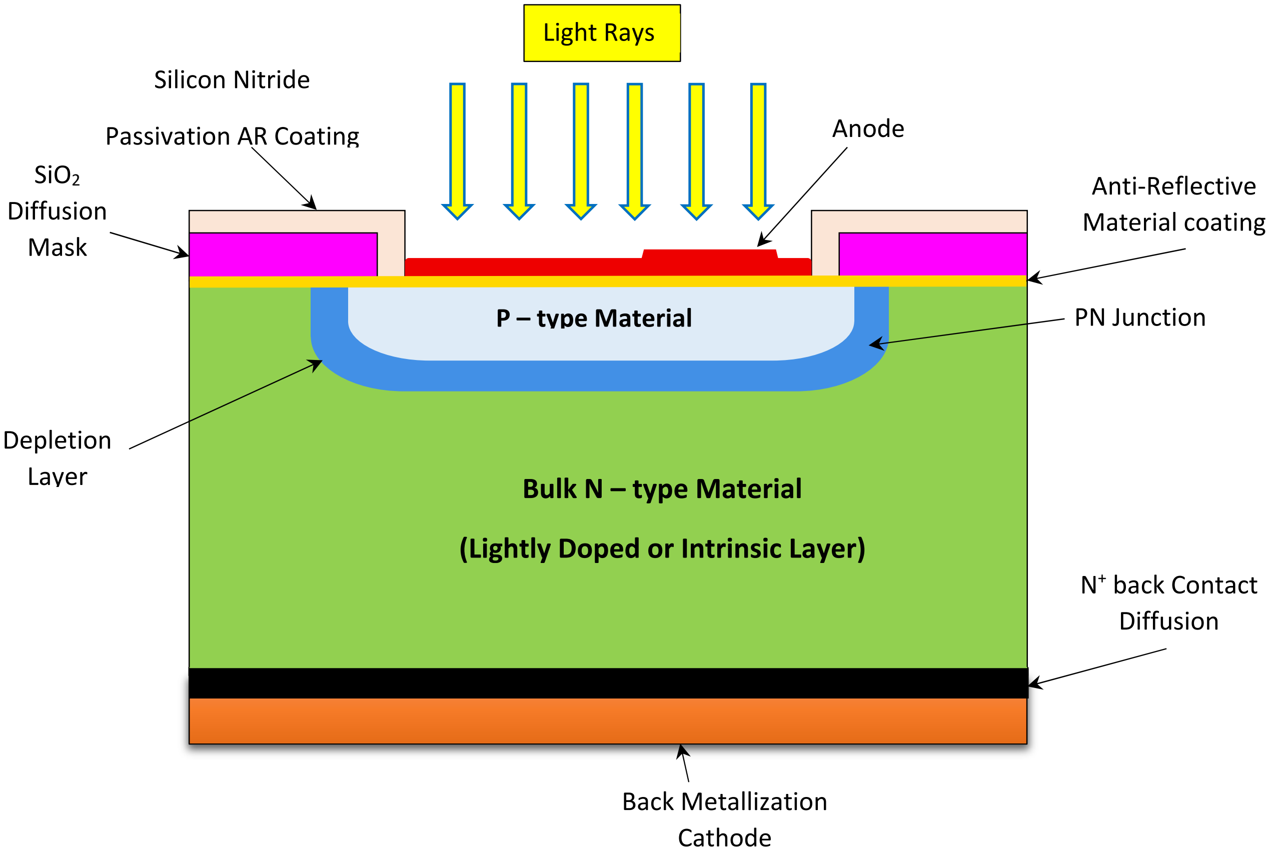
6. ઓટો મોબાઇલમાં હેડ લાઇટ અને ઇન્ડિકેટર તરીકે
7. ડિજિટલ કેમેરા, ટોર્ચ લાઈટ માં જેવા ઉપકરણોમાં ફ્લેશ લાઈટ તરીકે
8. શરીરના અંદરના ભાગો તપાસવા માટે વપરાતા એન્ડોસ્કોપ જેવા સાધનોમાં પ્રકાશ સ્ત્રોત તરીકે
9. તે એકરંગી હોવાથી ઓપ્ટિકલ ફાઇબરમાં સંદેશા વ્યવહાર તરીકે બહોળો ઉપયોગ થાય છે.
10. તે અન્ય રંગોમાં પણ ઉપલબ્ધ હોવાથી સજાવટ તરીકે ઉપયોગ થાય છે.
11. ટીવીના રિમોટ, પંખાના સેન્સર તરીકે ઇન્ફ્રારેડ LED નો ઉપયોગ થાય છે.

Que. 15. ફોટો ડાયોડનો સિધ્ધાંત, રચના, કાર્યપધ્ધતિ, ફાયદા, ગેરફાયદા અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: વ્યાખ્યા: ફોટો ડાયોડ **(Photo Diode):** જે પ્રકાશઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે તેવા ઉપકરણને ફોટો ડાયોડ કહે છે.

- ✓ ફોટો ડાયોડ વાસ્તવમાં એક Light Detector (Sensor) છે જે તેના પર પ્રકાશ આપાત થતાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે.
- ✓ Photo diode એ Light Detector, Light sensor, Photo sensor જેવા નામથી પણ ઓળખાય છે.

સિધ્ધાંત: સીલીકોન જેવા અર્ધાવાહકો પર જ્યારે પ્રકાશ આપત કરવામાં આવે છે ત્યારે જે ભૌતિક અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાના પરિણામે પ્રકાશઊર્જા એ વિદ્યુતઉર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે. આ પ્રકિયાને ફોટો-વોલ્ટેઇક અસર (Photo-Voltaic effect) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

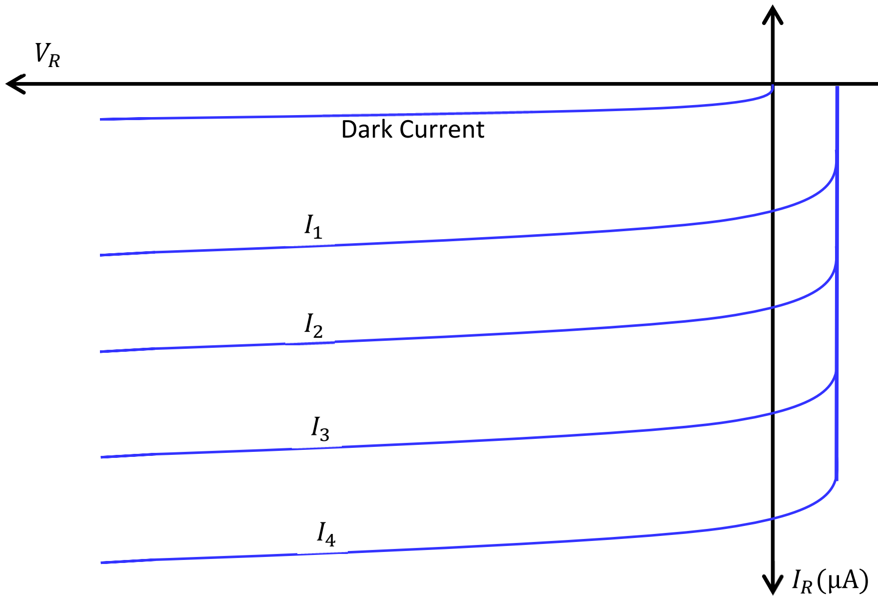


રચના (Construction):

- ✓ તે ફ્રોટો ડાયોડ એવું ઉપકરણ છે જેમાં P – type અને N – type વચ્ચે એક વધારાનું શુદ્ધ અર્ધાવાહક (Intrinsic Semiconductor) નું સ્તર રાખવામાં આવે છે.
- ✓ P – type ના સ્તરની જાડી ખુબ જ ઓછી ($0.5\ \mu m$) જ્યારે અને N – type ની જાડાઇ વધુ ($200\ \mu m$)રાખવામાં આવે છે.
- ✓ P – type માં ઓછી અશુદ્ધિ ઉમેરેલી હોય છે જ્યારે N – type માં વધુ પ્રમાણમાં અશુદ્ધિ ઉમેરેલી હોય છે.
- ✓ અસમાન અશુદ્ધિ ઉમેરવાના કારણે N – type બાજુએ ડેપ્લેશન વિસ્તારની પહોળાઈ વધુ હોય છે.
- ✓ PN જંકશનને Toughened Glass અથવા ઓપ્ટીકલ લેન્સ વડે મઢી લેવામાં આવે છે જેથી વધુ પ્રકાશને કેન્દ્રિત કરી શકાય.
- ✓ P – type બાજુના “Active Region” ને ખાસ પ્રકારના અપરાવર્તક સ્તર (Anit-Reflective layer) વડે આવૃત કરેલ હોય છે.

કાર્યપધ્ધતિ (Working):

- ✓ ફ્રોટો ડાયોડને રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં જોડવામાં આવે છે.
- ✓ રીવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં ડાયોડના PN જંકશનના ડેપ્લેશન વિસ્તારની પહોળાઈ વધે છે.
- ✓ જયારે અર્ધવાહકની બેન્ડગેપ કરતાં વધુ ઊર્જા ધરાવતું પ્રકાશનું કિરણ આપત કરવામાં આવે છે ત્યારે વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન્સને કન્ડકશન બેન્ડમાં ધકેલે છે. જેના પરિણામે ઈલેક્ટ્રોન મુક્ત બને છે આ ઉપરાંત મુકત હોલ્સનું પણ સર્જન થાય છે. આમ, પ્રકાશના વિકિરણ દ્વારા PN જંકશન પાસે ઈલેક્ટ્રોન-હોલનું સર્જન થવાની પ્રક્રિયાને ફ્રોટો-વોલ્ટેઇક અસર (Photo-voltaic effect) કહે છે. આ અસરના સિધ્ધાંત પર કાર્ય કરતા ડાયોડને ફ્રોટો-વોલ્ટેઇક ડાયોડ પણ કહે છે.
- ✓ PN જંકશન પાસે પ્રવર્તતા વિધુતક્ષેત્રનાં કરને ઈલેક્ટ્રોન્સ એ કેથોડ તરફ અને હોલ્સ એ એનોડ તરફ આકર્ષાય છે. આમ, ડાયોડમાં વિધુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે જેને Photo-Current કહે છે.
- ✓ આ Photo-Current એ આપાત કરવામાં આવતા પ્રકાશની તીવ્રતાના સમપ્રમાણમાં હોય છે.



V – I Characteristics of Photo Diode

ફાયદા (Advantages):

1. તે પ્રકાશ ઊર્જા પર કાર્ય કરે છે.
2. તેની કાર્યક્ષમતા વધુ હોય છે.
3. તેનો અવરોધ ઓછો હોય છે.
4. તેનું આયુષ્ય વધુ હોય છે.
5. તે ઓછા વોલ્ટેજ પર કાર્ય કરે છે.
6. તેનો પ્રતિભાવ (Response) સુરેખ હોય છે.
7. તે કિંમતમાં સસ્તાં હોય છે.

ગેરફાયદા (Disadvantages):

1. તેનો સક્રિય વિસ્તાર સાપેક્ષમાં નાનો હોય છે.
2. તે નીચી સંવેદિતા/સુગ્રાહીતા (Sensitivity) ધરાવે છે.
3. તેમાં બાહ્ય પાવર ઉદ્‌ગમની જરૂર પડે છે.
4. તેને જ્યારે ઓછી તીવ્રતા વાળા પ્રકાશમાં ઓપરેટ કરવામાં આવે ત્યારે તેમાં Amplifier ની જરૂ પડે છે.
5. સાદા Photodiode નો પ્રતિક્રિયા સમય વધુ હોય છે.
6. તેમાં ઉત્પન્ન થતો Thermal noise તેની કાર્યક્ષમતા ઘટાડે છે.
7. વધતા તાપમાન સામે પણ તે સ્થિર હોય છે.

ઉપયોગીતાઓ (Applications):

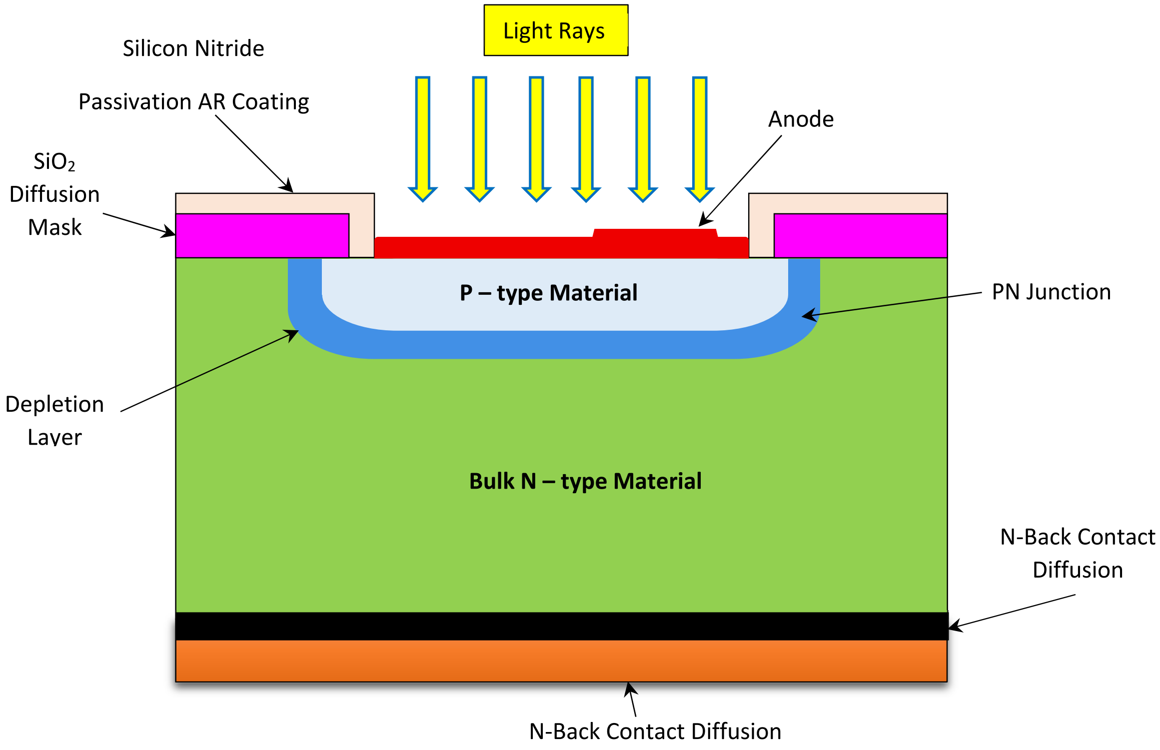
1. બે સર્કીટને ઈલેક્ટ્રીકલી છૂટી પાડવા માટે વપરાતા Optical Coupler માં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
2. તે CD/DVD Player, TV અને તેના Infrared Remote બનાવવા માટે વપરાય છે.
3. ઓપ્ટીકલ ફાઈબર દ્વારા થતા ઝડપી પ્રકાશીય સંદેશા વ્યવહાર માટે ઝડપી ફોટો ડાયોડનો ઉપયોગ થાય છે.
4. આગ અને ધુમાડાની ચેતવણી આપતા Fire and Smoke Alarm માં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
5. CT-Scan, PET-Scan, Sample Analyzer જેવા મેડીકલ ઉપકરણોમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
6. અનાધિકૃત વ્યક્તિઓના પ્રવેશને અટકાવવા માટે વપરાતા Burglar Alarm માં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
7. જ્યારે કોઈ વસ્તુ સ્થિર રાખેલા પ્રકાશની સામેથી પસાર થાય ત્યારે તેની સંખ્યાની ગણતરી કરતા કાઉન્ટર (Counter) તરીકે પણ ફોટો ડાયોડનો ઉપયોગ થાય છે.
8. Optical Encoder અને Decoder તરીકે વપરાય છે.
9. તે મોબાઈલ ફોનમાં વપરાતા Position Sensor માં તેનો ઉપયોગ થાય છે.
10. Bar Code Reader માં પણ તેનો ઉપયોગ થાય છે.
11. જાહેર માર્ગો પર રહેલી સ્ટ્રીટ-લાઈટના સ્વયં સંચાલિત "ON/OFF" કરવા માટે ફોટો ડાયોડ વપરાય છે.
12. તેનો પ્રિન્ટરમાં રહેલા કાગળને Detect કરવા માટે તેમજ કાગળની ગણતરી કરવા માટે વાપરતા Counter માં પણ ઉપયોગ થાય છે.
13. તેનો પ્રકાશ આધારિત અવરોધ ધરાવતા ઉપકરણો બનાવવા માટે ફોટો ડાયોડ બહોળા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

14. લખાણને ઉકેલવા માટે વાપરતા Optical Text Reader ઉપકરણોમાં મુખ્ય ભાગ તરીકે ફોટો ડાયોડનો ઉપયોગ થાય છે.
15. અણુ ભઠ્ઠી (Nuclear Reactor) માં રેડીઓએક્ટીવ વિકિરણનાં લીકેજને ડીકેક્ટ કરવા માટેના કાઉન્ટરમાં ફોટો ડાયોડ વપરાયછે.

Que. 16. સોલાર સેલનો સિધ્ધાંત, રચના, કાર્યપધ્ધતિ, ફાયદા, ગેરફાયદા અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: સોલાર સેલ (Solar Cell): જે ઇલેક્ટ્રોનિક્સ ઉપકરણ “ફોટો વોલ્ટેઇક અસર” દ્વારા પ્રકાશ ઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતર કરે તેને Solar Cell કહે છે.

સિધ્ધાંત: સીલીકોન જેવા અર્ધાવાહકો પર જ્યારે પ્રકાશ આપત કરવામાં આવે છે ત્યારે જે ભૌતિક અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાના પરિણામે પ્રકાશઊર્જા એ વિદ્યુતઉર્જામાં રૂપાંતરિત થાય છે. આ પ્રકિયાને ફોટો-વોલ્ટેઇક અસર (Photo-Voltaic effect) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.



રચના (Construction):

- ✓ તેમાં અતિશય પાતળા P – type અને પ્રમાણમાં વધુ પહોળાઈ ધરાવતા N – type વડે બનેલો હોય છે.
- ✓ તેના P – type અને N – type પર વિદ્યુત-સંપર્ક માટે ઇલેક્ટ્રોડ લગાવવામાં આવે છે.
- ✓ આ સમગ્ર Assembly ને પાતળા અને મજબુત Toughened Glass વડે સમાવિષ્ટ કરી લેવામાં આવે છે જે તેને આંચકા/આઘાત સામે રક્ષણ આપે છે.

કાર્યપધ્ધતિ (Working):

- ✓ P – type નું સ્તર અતિશય પાતળું હોવાથી આપાત પ્રકાશ PN જંકશન સુધી જઈ શકે છે.
- ✓ જયારે અર્ધવાહકની બેન્ડગેપ કરતાં વધુ ઊર્જા ધરાવતું પ્રકાશનું કિરણ આપત કરવામાં આવે છે ત્યારે વેલેન્સ બેન્ડમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રોન્સને કન્ડકશન બેન્ડમાં ધકેલે છે. જેના પરિણામે ઈલેક્ટ્રોન મુક્ત બને

છે આ ઉપરાંત મુક્ત હોલ્સનું પણ સર્જન થાય છે. આમ, પ્રકાશના વિકિરણ દ્વારા PN જંક્શન પાસે ઈલેક્ટ્રોન-હોલનું સર્જન થવાની પ્રક્રિયાને ફોટો-વોલ્ટેઇક અસર (Photo-voltaic effect) કહે છે. આ અસરના સિધ્ધાંત પર કાર્ય કરતા ડાયોડને ફોટો-વોલ્ટેઇક ડાયોડ પણ કહે છે.

- ✓ ડેપ્લેશન વિસ્તાર પાસે ઉદ્ભવતા વિધુતક્ષેત્રને કારણે ઉત્પન્ન થયેલા ઈલેક્ટ્રોન્સ N – type બાજુએ અને હોલ્સ P – type એ ધકેલાય છે.
- ✓ આમ, ઈલેક્ટ્રોન્સ N – type બાજુએ પહોંચતા તે Majority Charge Carrier બને છે.
- ✓ જ્યારે સોલાર સેલને બાહ્ય પરિપથ (External Load) માં જોડવામ આવે ત્યારે વિધુતપ્રવાહનું વહન શરૂ થાય છે.
- ✓ જ્યાં સુધી સૂર્યપ્રકાશ (કે કોઈ અન્ય કૃત્રિમ પ્રકાશ) હાજરી હોય ત્યાં સુધી આ પ્રક્રિયા ચાલતી રહે છે.
- ✓ એક સોલાર સેલ દ્વારા મળતો વોલ્ટેજ ઓછો હોય છે આથી આવા ઘણા બધ સોલાર સેલને શ્રેણીમાં જોડી સોલાર પેનલ દ્વારા જરૂરી વોલ્ટેજ મેળવી શકાય છે.

ફાયદા (Advantages):

1. તે પ્રકાશ ઊર્જા પર કાર્ય કરે છે.
2. તે ઉર્જાનો પુન: પ્રાપ્ય સ્ત્રોત છે.
3. તે ઘોંઘાટ ઉત્પન્ન કરતો નથી.
4. તેમાંથી કોઈ હાનિકારક વિકિરણ\વાયુ ઉત્પન્ન થતો નથી.
5. તેનું આયુષ્ય 30 વર્ષ જેટલું હોય છે.
6. તેની કાર્યક્ષમતા વધુ હોય છે. સોલાર પાવર એ ઊર્જાના એવા પુન:પ્રાપ્ય સ્ત્રોતમાંથી મેળવવામાં આવે છે જે ક્યારેય વપરાઇ જવાનો નથી.
7. તેને વિવિવધ જગ્યાઓ જેમ કે ઘર, ઓફિસ કે ફેક્ટરીની છતો પર, ખુલ્લી જગ્યાઓ તેમજ હરતા ફરતા પ્લેટફોર્મ પર સરળતાથી ઇન્સ્ટોલ કરી શકાય છે.
8. તેમાં કોઈ યાંત્રિક (Movable Parts) ન હોવાથી તેને કોઈ સમારકામની કે દેખરેખની જરૂર રહેતી નથી.
9. તેની રચના અને કાર્યપધ્ધતિ સરળ હોવાથી બિન-અનુભવી તેમજ ઓછી આવડત ધરાવતો વ્યક્તિ પણ તેનું સંચાલન કરી શકે છે.
10. તે પ્રતિકૂળ વાતાવરણના સંજોગોમાં પણ યોગ્ય રીતે કાર્ય કરી શકે છે.
11. સમય જતાં સોલાર પાવરની પડતર કિંમત ઓછી થતી જાય છે.
12. સોલાર સેલ 90 % કાચ અને એલ્યુમિનિયમમાંથી બનેલા હોવાથી લાંબા વપરાશ પછી નફાના ધોરણે Recycle કરી શકાય છે.

ગેરફાયદા (Disadvantage):

1. તે કિંમતમાં મોંઘા હોય છે.
2. સુર્યપ્રકાશમાંથી વિધુતઉર્જામાં રૂપાંતરણ કરવાની તેની કાર્યક્ષમતા ઓછી (15% થી 22 %) છે.
3. સોલાર પાવર તરીકે જે વિધુત ઉત્પન્ન થાય છે તે DC હોય છે જેને સીધો જ ઘરમાં ઉપયોગમાં લઈ શકાતો નથી.
4. સોલાર પાવર DC હોવાથી તેને AC માં ફેરવતી વખતે કેટલીક વિધુત ઊર્જાનો વ્યય થાય છે.
5. તે વાતાવરણ આધારિત હોય છે અર્થાત રાત્રે અને વાદળ છવાયેલા હોય તેવા દિવસોએ આઉટપુટ ઓછો અથવા નહિવત મળે છે.
6. તે વધુ જગ્યા રોકે છે.

7. તેની ઉપરનું આવરણ કાચનું હોવાથી તૂટી જવાનું જોખમ રહે છે.
8. તેના દ્વારા ઉત્પાદિત પાવરને બહુ દૂર સુધી પહોંચાડી શકાતો નથી.
9. સોલાર સેલ પાતળો હોવાથી કેટલોક સૂર્યપ્રકાશ તેમાંથી આરપાર નીકળી જાય છે જેને વિદ્યુત ઊર્જામાં ફેરવી શકાતો નથી.
10. સોલાર પાવરના સંગ્રહ માટે Li-ion, Ni-Cd બેટરી જેવા મોંઘા ને ટૂંકું આયુષ્ય ધરાવતાં સાધનો વાપરવા પડે છે. જ્યાં સૂર્યપ્રકાશ ઓછો અથવા નહિવત મળતો હોય તેવી જગ્યાઓએ દા. ત. ધ્રુવીય પ્રદેશ; સોલાર સેલ યોગ્ય વિકલ્પ નથી.
11. તેના ઉત્પાદન વખતે કેટલાંક હાનિકારક વાયુ અને રસાયણોનો ઉપયોગ થાય છે જે વાતાવરણને નુકશાન પહોંચાડે છે.
12. વધુ ઊંચા તાપમાન અને વધુ ભેજની હાજરીમાં સોલાર સેલ પર લગાવેલ કાચમાંથી Na+ આયન સોલાર સેલમાં દાખલ થાય છે જેને કારણે સોલાર સેલમાંથી સપોર્ટ ફ્રેમમાં વિદ્યુતપ્રવાહ લીક થાય છે.

ઉપયોગીતાઓ (Applications):

1. કેલ્ક્યુલેટર અને કાંડા ઘડિયાળ જેવા ઉપકરણોને વિદ્યુતઊર્જા પૂરી પાડવા માટે સોલાર સેલનો ઉપયોગ થાય છે.
2. સોલાર પાર્ક, સોલાર ફાર્મ, સોલર પાવર સ્ટેશન બનાવી શકાય છે જે Gigawatt ના હિસાબે પાવર પેદા કરી શકે છે.
3. ભૌગોલિક રીતે દુર્ગમ સ્થળોએ વિદ્યુત ઊર્જા પૂરી પાડવા માટેનો ખૂબ જ સારો વિકલ્પ છે.
4. સ્વતંત્ર રીતે ઉપયોગમાં લઇ શકાતા કેટલાંક ઉપકરણો જેમ કે કેમેરા, સેન્સરને પાવર આપવા માટે વપરાય છે.
5. વજનમાં હલકાં હોવાથી અંતરીક્ષ સંશોધનો માટે ઉપયોગી એવા કૃત્રિમ ઉપગ્રહો (Satellite), સ્પેસ શટલ (Space Shuttle), સ્પેસ ટેલિસ્કોપ (Space Telescope) ના કાર્ય અને સંચાલન માટે જરૂરી એવી વિદ્યુતઉર્જા આપવા માટે સોલાર એક ઉત્તમ વિકલ્પ છે.
6. સિંચાઇ માટે વપરાતા Solar Pump માં પણ તેનો ઉપયોગ થાય છે.
7. જાહેર રસ્તાઓ પરની સ્ટ્રીટ લાઇટ માટે તેનો ઉપયોગ થાય છે.
8. જહાજોના દિશા-નિર્દેશન માટે વપરાતાં સિગ્નલ અને દીવાદાંડીમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે.

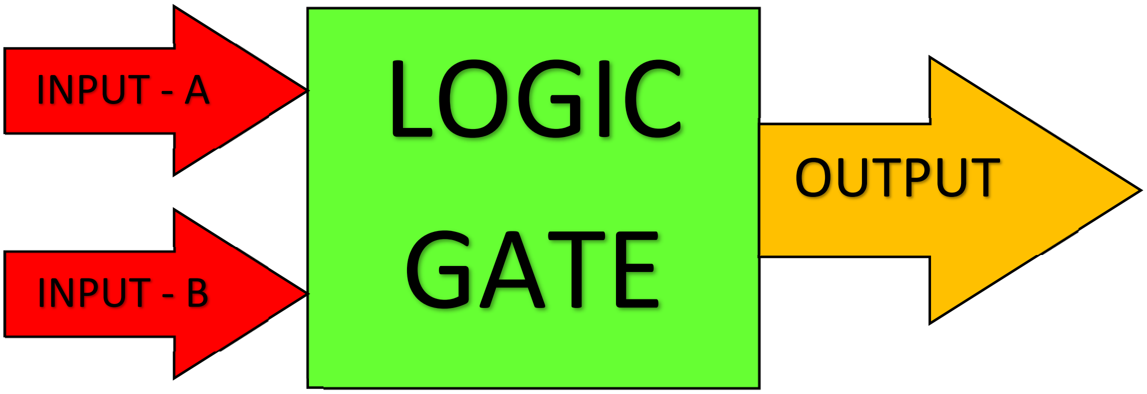
LOGIC GATES

Logic Gates એ Digital Electronics ના પાયના ઘટકો છે.

- ✓ આજના યુગમાં કોમ્પ્યુટર એ જીવનનો એક મહત્વનો ભાગ બની ચુક્યા છે જે ટૂંક જ સમયમાં ઘણાં જટિલ કર્યો પૂર્ણ કરી શકે છે.
- ✓ કોમ્પ્યુટરના મહત્વના ભાગ "મગજ" તરીકે ઓળખાતા CPU ને ઘણા તાર્કિક કાર્યો Logical operations કરવાના હોય છે.
- ✓ આ Logical operations માટે તે ઇલેક્ટ્રોનિક્સ સર્કિટ ઉપરાંત Integrated Chips (IC) જેવા જટિલ ઉપકરણોની મદદ વડે પૂર્ણ કરે છે.
- ✓ આવી Electronics Circuit અને IC એ આવા જટિલ કાર્યો Boolean Algebra અથવા Boolean Logic વગર પૂર્ણ કરી શકતા નથી.
- ✓ "George Boole" નામના ગણિતશાસ્ત્રીએ 1854 માં "Boolean Algebra" રજુ કરેલું જેને આધારે આજના CPU ના Electronics circuits અને IC એ Logical Operation પુરા કરે છે.
- ✓ આવા Operation માટે કોમ્પ્યુટર દશાંશ અંકો (Decimal Digits)ના સ્થાને દ્વિસંગી અંકો (Binary Digits) નો ઉપયોગ કરે છે.
- ✓ આવા બધાં Operation એ Logic Gate નામે ઓળખાતા વિવિધ પ્રકારની રચના દ્વારા ચોક્કસ નિયમબદ્ધ પ્રક્રિયા હેઠળ યોજવામાં આવે છે.

વ્યાખ્યા: જે ઇલેક્ટ્રોનિક સંરચના એક કરતાં વધુ બાઈનરી ઈનપુટ (Binary Input) ધરવતી હોય અને આવા ઈનપુટ પર Boolean Algebra ની મદદથી Logical Operation કરી એક લોજીકલ આઉટપુટ (Logical Output) મેળવે છે આવી રચનાને Logic Gate કહે છે.

- ✓ મોટા ભાગના Logic Gate બે ઈનપુટ અને એક આઉટપુટ ધરાવે છે અને તે Boolean Algebra પર આધારિત હોય છે.
- ✓ કોઈ પણ સમયે તેના તમામ ટર્મિનલ **બે માંથી** કોઈ પણ **એક જ** Binary Condition માં હોય છે: "સાચું" અથવા "ખોટું".
- ✓ અહી સાચું " **1** " વડે અને ખોટું " 0 " વડે રજુ કરાય છે.
- ✓ Logic Gate ના પ્રકારના આધારે અને ઈનપુટના સંયોજનને આધારે આઉટપુટ નક્કી થાય છે.
- ✓ Logic Gate ને લાઈટની એક સ્વિચ (Switch) ની જેમ વિચારી શકાય છે. લાઈટની સ્વિચમાં "માત્ર બે જ" સ્થિતિ શક્ય હોય છે: " **ON** " એટલે કે " 1 " અને " **OFF** " એટલે કે " 0 ".



TYPES OF LOGIC GATES:

Logic Gate ના મુખ્ય ત્રણ પ્રકાર છે.

(1) Basic Logic Gate: ત્રણ મુખ્ય Logic operation નો ઉપયોગ કરીને આઉટપુટ આપતા Logic Gate ને Basic Logic Gate કહે છે.:
આ ત્રણ OR, AND, NOT; એ Basic Logic Gate છે.

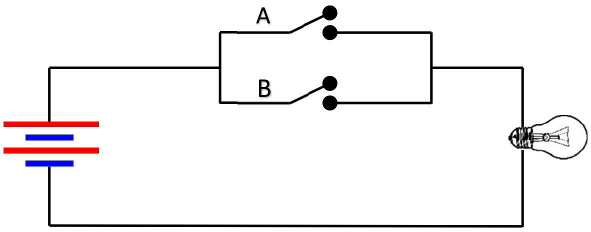
(2) Universal Logic Gate: જે Logic Gate ના ઉપયોગ વડે બાકીના તમામ Logic Gate બનાવી શકાય છે તેવા Logic Gate ને Universal Logic Gate કહે છે.
આ બે, NAND Gate અને NOR Gate એ Universal Logic Gate છે.

(3) Special Logic Gate: જે Logic Gate ને Basic Logic Gate અથવા Universal Logic Gate પરથી મેળવવામાં આવે છે તેવા Logic Gate ને Special Logic Gate કહે છે.
આ બે, EX-OR Gate અને EX-NOR Gate એ Special Logic Gate છે.

Que. 17. OR GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

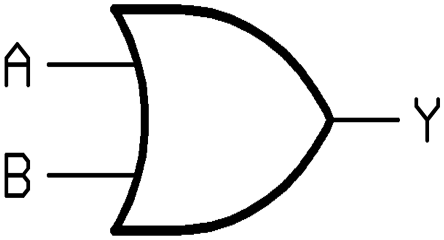
Ans: OR Gate: જે Logic Gate વિસર્જન/Disjunction ના Logical operation નો અમલ કરી આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને OR Gate કહે છે. (*Disjunction: a statement expressing the relation of two distinct alternatives/inputs, especially one using the word 'OR')

OR Gate માં બે માંથી કોઈ પણ એક ઈનપુટ "1 "હોય તો આઉટપુટ "1 "મળે છે. નહીતર આઉટપુટ " 0 " મળે છે. અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે સમજી શકાય. જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.



Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	OFF
OFF	ON	ON
ON	OFF	ON
ON	ON	ON

Truth Table for OR Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	OFF
0	1	ON
1	0	ON
1	1	ON



Symbol: OR Gate

બે માંથી કોઈ એક સ્વિચ અથવા બંને સ્વિચ "ON" હોય ત્યારે જ બલ્બ "ON" થાય છે.
જ્યારે બંને સ્વિચ "OFF" હોય ત્યારે બલ્બ પણ "OFF" રહે છે.
નીચેના ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.
જો બે સ્વિચને "Input" તરીકે અને લાઇટ બલ્બની સ્થિતિને "Output" તરીકે દર્શાવીએ તો OR gate માટેનું Truth Table (સત્યાર્થતા કોષ્ટક) આ મુજબ રજુ કરી શકાય.
OR Logic Gate માટેનું બુલિયન સમીકરણ (Boolean Expression) નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = A + B$$

અહીં + એ ગાણિતીય સરવાળો દર્શાવતું નથી. તે Logical OR operator દર્શાવે છે.

OR Gate ના ઉપયોગો:

1. તેનો ઉપયોગ વોટીંગ મશીન માટે થાય છે જ્યાં High signal ને હકારાત્મક વોટ તરીકે ગણવામાં આવે છે.
2. OR gate એ Multiplexer અથવા MUX Circuits બનાવવા માટે ઉપયોગી છે જ્યાં સર્કીટને ઘણા ઈનપુટ સામે એક લાઇન આઉટપુટ આપવાનો હોય છે.
3. તેનો ઉપયોગ Arithmetic Logic Units (ALUs) ની સંરચના માટે થાય છે જે બીજા Logical operation સાથે મળીને દ્વિઅંકી સરવાળો (Binary Addition) ની પ્રક્રિયા કરે છે.
4. RAM જેવા મેમરી ડીવાઈસમાં માહિતીનું ચોક્કસ સરનામું (Adress) શોધવા માટે OR gate અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.
5. OR Gate નો ઉપયોગ આગ (Fire) કે ધુમાડા (Smoke) માટેના Alarm ની સર્કીટ બનાવવા માટે થાય છે જે બંને પૈકી કોઇ સ્થિતિ ઉભી થાય તો પણ ચેતવણી આપે છે.
6. Industry માં સલામતી સાધનોને સક્રિય કરવામાં ઉપયોગી થાય છે. ખાસ કરીને જ્યારે તાપમાન કે દબાણનાં મુલ્યો જ્યારે મહત્તમ સલામત મર્યાદાની બહાર જાય ત્યારે OR gate ચોક્કસ પ્રકારનાં સલામતી સાધનોને સક્રિય (Activate) કરે છે.

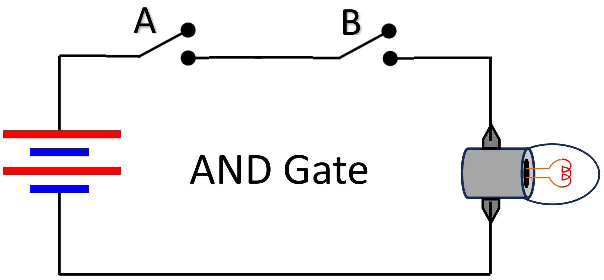
Que. 18. AND GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: **AND Gate:** જે Logic Gate સંયોજન/Conjunction ના Logical operation નો અમલ કરી આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને AND Gate કહે છે. (*logical conjunction is an operation on two logical values, typically the values of two propositions, that produces a value of true if and only if both of its operands are true)

AND Gate માં જ્યારે બંને ઈનપુટ "1 "હોય ત્યારે જ આઉટપુટ "1 "મળે છે. જો બેમાંથી કોઇ પણ એક અથવા બંને ઈનપુટ "0" હોય તો આઉટપુટ " 0 " મળે છે.

અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે સમજી શકાય. જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.

સર્કીટ પ્રમાણે બંને સ્વિચ "ON" હોય ત્યારે જ બલ્બ "ON" થાય છે.



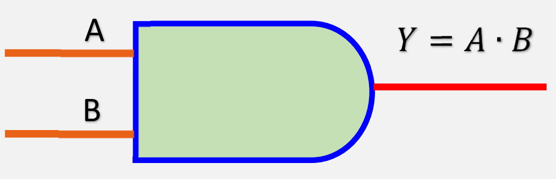
Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	OFF
OFF	ON	OFF
ON	OFF	OFF
ON	ON	ON

Truth Table for AND Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	OFF
0	1	OFF
1	0	OFF
1	1	ON

બાકીની અન્ય સ્થિતિઓ જેવી કે જ્યારે બેમાંથી કોઇ પણ એક સ્વિચ "OFF" હોય ત્યારે અને બંને સ્વિચ "OFF" હોય બલ્બ પણ "OFF" રહે છે.

અહીં આપેલ ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

જો બે સ્વિચને “Input” તરીકે અને લાઈટ બલ્બની સ્થિતિને “Output” તરીકે દર્શાવીએ તો AND Gate માટેનું Truth Table (સત્યાર્થતા કોષ્ટક) ઉપર મુજબ રજુ કરી શકાય.



Symbol: AND Gate

AND Logic Gate માટેનું બુલિયન સમીકરણ (Boolean Expression) નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = A \cdot B$$

અહીં · એ ગાણિતીય ગુણાકાર દર્શાવતું નથી. તે Logical AND operator દર્શાવે છે.

AND Gate ના ઉપયોગો:

1. મલ્ટીપ્લેક્ષર (Multiplexers), ડીકોડર (Decoders), કંટ્રોલર (Controllers)જેવી સંરચનાઓના ડીઝાઇન માટે AND gate ની જરૂર પડે છે.
2. નિર્ણય લેનાર ડીવાઈસ કે જ્યાં એક કરતાં વધુ શરતો (Inputs) હાજર હોય તેવી પ્રણાલીઓ (system) ની ડીઝાઇન માટે AND gate ઉપયોગી છે. દા.ત. Interlocking system.
3. CPU માં જ્યાં એક કરતાં વધુ બનાવો/શરતો ને પૂર્ણ કરવાના હોય ત્યાં AND Gate ઉપયોગી છે.
4. ચોક્કસ Mask વડે વ્યાખ્યાયિત વિશિષ્ટ Bit ને અલગ કરવા માટે AND Gate નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે.
5. Half Adder અને Full Adder જેવી Logical રચનાઓ બનાવવા માટે AND Gate ઉપયોગી છે.
6. AND gate એ Latch અથવા Flip-Flop ના On-Off માટે ઉપયોગી છે. જ્યારે વિશિષ્ટ શરતો ભેગી મળે ત્યારે જ Data ને Store અથવા Latch થાય છે.
7. ટ્રાફિક સિગ્નલ પર જ્યારે ટ્રાફિકની ચોક્કસ દિશામાં ગ્રીન (Green) સિગ્નલ ક્યારે આપવું તે નક્કી કરવા માટે AND Gate ઉપયોગી છે.
8. પાસવર્ડ (Password) વડે સંરક્ષિત પ્રણાલીઓમાં ઈનપુટ કરેલ પાસવર્ડના અંકો (Digits) એ તેમાં Save/Store થયેલા પાસવર્ડના તમામ અંકો સાથે મેચ થાય તો જ પ્રણાલીમાં પ્રવેશની અનુમતિ (Access Granted) મળે છે.
9. Push button નો ઉપયોગ થતો તેવા ડીવાઈસ માટે AND Gate ઉપયોગી છે.

Que. 19. NOT GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

OR

Que. 19. Complement Gate અથવા Inverter Gate અથવા Bubbled Gate ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

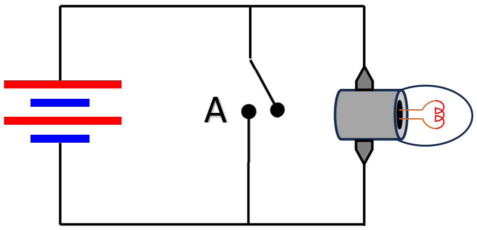
Ans: **NOT Gate:** જે Logic Gate નિષેધ/Negation ના Logical operation નો અમલ કરી આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને NOT Gate કહે છે. (*Logical Negation is a logical operation that reverses the truth value of an input.)

NOT Gate માત્ર એક જ ઈનપુટ અને એક આઉટપુટ ધરાવે છે. જ્યારે તેનો ઈનપુટ “ 1 “હોય ત્યારે આઉટપુટ “ 0 “ મળે છે. અને જો ઈનપુટ “0” હોય તો આઉટપુટ “ 1 “ મળે છે.

અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે NOT Gate ને સમજી શકાય. જેમાં એક સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.

સર્કીટ પ્રમાણે જ્યારે સ્વિચ “ ON ” હોય ત્યારે વિદ્યુતપ્રવાહ ઓછા અવરોધવાળા માર્ગે એટલે જે સ્વિચમાંથી જ પસાર થાય છે અને બલ્બનો અવરોધ વધુ હોવાના કારણે તેમાંથી કોઈ જ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર n થવાથી બલ્બ “ OFF ” રહે છે.

જ્યારે સ્વિચ “ OFF ” હોય ત્યારે અન્ય કોઇ માર્ગ ઉપલબ્ધ ન હોવાથીવિદ્યુતપ્રવાહ ફરજીયાત બલ્બમાંથી પસાર થાય છે પરિણામે બલ્બ “ ON ” થાય છે..



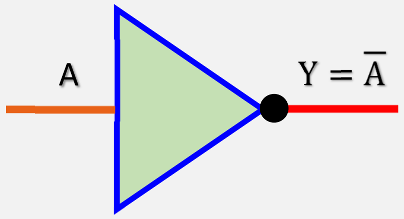
Analogy of NOT Gate

નીચેના ટેબલમાં એક સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

જો એક સ્વિચને “Input” તરીકે અને લાઈટ બલ્બની સ્થિતિને “Output” તરીકે દર્શાવીએ તો NOT Gate માટેનું Truth Table (સત્યાર્થતા કોષ્ટક) આ મુજબ રજુ કરી શકાય.

Truth Table for switch & a bulb system	
A	BULB
ON	OFF
OFF	ON

Truth Table for NOT Logic Gate	
A	BULB
1	OFF
0	ON



Symbol: NOT Gate

NOT Logic Gate માટેનું બુલિયન સમીકરણ (Boolean Expression) નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = \overline{A}$$

અહીં — એ Logical NOT operator દર્શાવે છે.

NOT Gate ની ઉપયોગીતાઓ:

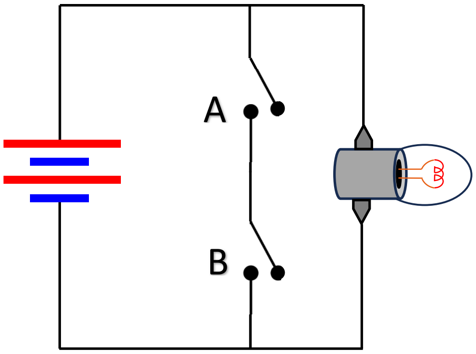
1. NOT Gate નો મહત્વનો ઉપયોગ સિગ્નલ ને ઉલટાવવામાં (Inversion) થાય છે. High/Low input signal ને Low/High output signal માં ફેરવે છે
2. Flip-Flops અને Latch જેવા મૂળભૂત મેમરી સ્ટોરેજ ઘટકોના નિર્માણ અને Feedback ના નિયમન માટે NOT Gate ઉપયોગી છે.
3. અંધારું હોય ત્યારે અજવાળું અને અજવાળું હોય ત્યારે લાઈટ બંધ થઇ જાય એવા પ્રકારની સ્વયં સંચાલિત લાઈટના નિયમન માટે NOT Gate અતિ ઉપયોગી છે.
4. તાપમાન નિયંત્રણ કરતાં સેન્સર કે જ્યાં ચોક્કસ સલામત મુલ્ય કરતાં તાપમાન વધે તો તાપમાન માપક સેન્સર Logical High “ 1 “ સિગ્નલ પેદા કરે જે NOT Gate ને ઈનપુટ તરીકે આપતા આઉટપુટ “ 0 “ માં ફેરવે છે. આથી પ્રણાલી બંધ (Shutdown) થઇ જાય છે.
5. Central Heating System માં ચોક્કસ તાપમાનથી (20°C) નીચેના તાપમાનના મુલ્ય માટે તે ON રહે છે અને તાપમાન 20°C થી વધતા Heating system બંધ થઇ જાય છે.

6. જ્યારે Push Button દબાવવામાં આવે ત્યારે (Input " 0 ") સર્કીટ પૂર્ણ થતા મશીન શરુ થાય છે અને ફરીથી Push Button દબાવવામાં આવે ત્યારે (Input " 1 ") સર્કીટ બ્રેક થતા મશીન બંધ થાય છે આવા Push Button વડે કાર્યાન્વિત થતાં મશીનને ON-OFF કરવા માટે NOT Gate વપરાય છે.

Que. 20. NAND GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: NAND Gate: જે Logic Gate સંયોજન/Conjunction ના ઈનપુટનું નિષેધ/Negation નું Logical operation નો અમલ કરી આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને NAND Gate કહે છે. (*The NAND gate performs the logical operation of negating its inputs' conjunction (AND operation)).

NAND Gate માં જ્યારે બંને ઈનપુટ "0"હોય ત્યારે અથવા બે માંથી કોઈ પણ એક ઈનપુટ "1" હોય તો આઉટપુટ "1" મળે છે અને જ્યારે બંને ઈનપુટ "1"હોય ત્યારે આઉટપુટ "0" મળે છે. અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે NAND Gate સમજી શકાય જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ દર્શાવેલ છે. સર્કીટ પ્રમાણે જ્યારે બેમાંથી કોઈ પણ એક સ્વિચ "OFF" હોય અથવા બંને સ્વિચ "OFF" હોય ત્યારે જ બલ્બ "ON" થાય છે. પરંતુ જ્યારે બંને સ્વિચ "ON" હોય ત્યારે બલ્બ "OFF" થાય છે. નીચેના ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

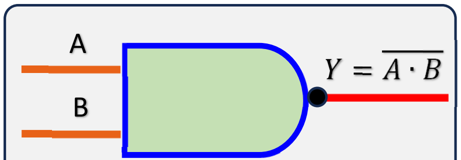


Analogy of NANAD Gate

Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	ON
OFF	ON	ON
ON	OFF	ON
ON	ON	OFF

Truth Table for NAND Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	ON
0	1	ON
1	0	ON
1	1	OFF

જો બે સ્વિચને "Input" તરીકે અને



Symbol: NAND Gate

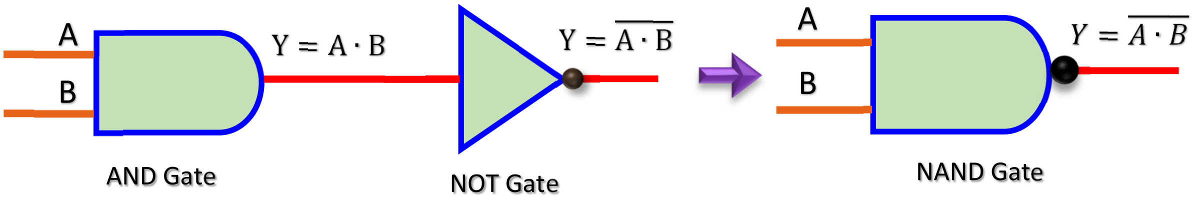
લાઈટ બલ્બની સ્થિતિને "Output" તરીકે દર્શાવીએ તો NAND Gate માટેનું Truth Table (સત્યાર્થતા કોષ્ટક) ઉપર મુજબ રજુ કરી શકાય.

NAND Logic Gate માટેનું બુલિયન સમીકરણ (Boolean Expression) નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = \overline{A \cdot B}$$

અહીં $\overline{\cdot}$ એ Logical NAND operator દર્શાવે છે.

NAND Gate વાસ્તવમાં AND Gate ના આઉટપુટને NOT Gate ને આપવાથી રચાય છે.



આમ, Truth Table પરથી પણ ચકાસી શકાય છે કે NAND Gate નું આઉટપુટ એ AND Gate ના આઉટપુટ ને Invert/Complement કરવાથી મળતા આઉટપુટને સમાન જ હોય છે.
NAND Gate માંથી બાકીના તમામ Logic Gate બનાવી શકાતા હોવાથી તેને "Universal Gate" પણ કહે છે.

Applications of NAND Gate:

1. NAND Gate એ Universal Gate હોવાથી બાકીના તમામ Logical Gate તેમાંથી બનાવી શકાય છે.
2. Security system માં કોઇ પણ એક પરિસ્થિતિ સર્જાય ત્યારે આઉટપુટ "1" મળે તેવી સર્કીટ માટે NAND Gate ઉપયોગી છે. જેમ કે ઘર/ઓફીસ નો કોઇ પણ એક દરવાજો કે બારી ખુલ્લો રહી ગયેલ હોય તો આઉટપુટ "1" સર્જાતા buzzer અવાજ કરે છે.
3. Flash memory માં માહિતીનો સંગ્રહ કરવા NAND Gate ઉપયોગી છે. Data લખતી (Write) વખતે ઈલેક્ટ્રોન્સ જે cell માં જમા થાય છે તેને 0 અથવા 1 વડે રજુ કરાય છે, જ્યારે વાંચતી (Read) વખતે ઈલેક્ટ્રોન્સની હાજરી અથવા ગેરહાજરીને નોંધીને ખુબ જ ઝડપથી માહિતી મેળવી (Retrieve) કરી શકાય છે.
4. ઓટોમોબાઇલ ક્ષેત્રે કાર કે ગાડીનો કોઇ પણ એક દરવાજો ખુલ્લો રહી ગયેલ હોય તો તેવા સમયે NAND Gate એ buzzer ના અવાજ વડે સાવચેત કરે છે.
5. છોડને પાણી આપતા સ્વયં સંચાલિત Automatic Watering systems માં NAND Gate એ ભેજની હાજરી જેવા પરિબળોની સાપેક્ષમાં ચોક્કસ માત્રાનો પાણીનો પ્રવાહ પૂરો પાડી પુરતું પાણી મળી રહે તેવું આયોજન કરે છે.
6. સલામતી-નિર્ણાયક પ્રણાલીઓમાં, જેમ કે પરમાણુ રિએક્ટર અથવા એરક્રાફ્ટમાં NAND Gate નો ઉપયોગ અનાવશ્યક/બિનજરૂરી સર્કીટ (Redundancy circuits) માં થાય છે. આ સર્કિટ સુનિશ્ચિત કરે છે કે કોઈ એક પરીબળની નિષ્ફળતા એ સમગ્ર પ્રણાલી માટે વિનાશક બનશે નહીં, એકંદર સલામતીમાં વધારો કરશે.
7. ડિજિટલ ઘડિયાળો અને કેલ્ક્યુલેટર્સથી માંડીને વોશિંગ મશીન અને માઇક્રોવેવ જેવા વધુ જટિલ ઉપકરણો સુધી, NAND gates નો ઉપયોગ વપરાશકર્તાના ઇનપુટ પર પ્રક્રિયા કરવા અને આઉટપુટને નિયંત્રિત કરવા માટે કરવામાં આવે છે, જે આવા ગેજેટ્સને વધુ સ્માર્ટ અને વધુ વપરાશકર્તા-મૈત્રીપૂર્ણ (User Friendly) બનાવે છે.
8. આધુનિક વાહનો નેવિગેશન, એન્જિન મેનેજમેન્ટ અને ABS (એન્ટિ-લોક બ્રેકિંગ સિસ્ટમ) જેવી સલામતી સુવિધાઓ માટે અધતન ઇલેક્ટ્રોનિક સિસ્ટમ્સથી સજ્જ છે. NAND gates એ નિયંત્રણ એકમોનો એક ભાગ છે જે આવા જટિલ કાર્યોનું સંચાલન કરે છે.

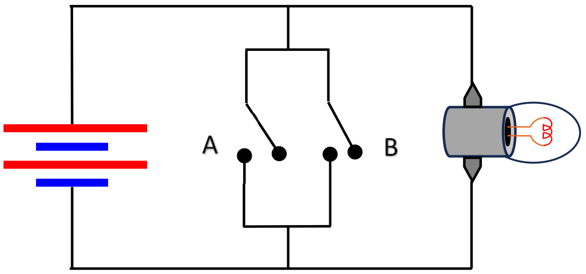
Que. 21. NOR GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: NOR Gate: જે Logic Gate વિસર્જન/Disjunction ના ઈનપુટનું નિષેધ/Negation નું Logical operation નો અમલ કરી આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને NAND Gate કહે છે. (*The NOR gate performs the logical operation of negating its inputs' Disjunction (OR operation)).

(*Disjunction: a statement expressing the relation of two distinct alternatives/inputs, especially one using the word 'or')

NOR Gate માં જ્યારે બંને ઈનપુટ "0"હોય ત્યારે અથવા બે માંથી કોઈ પણ એક ઈનપુટ "1" હોય તો આઉટપુટ "1" મળે છે અને જ્યારે બંને ઈનપુટ "1"હોય ત્યારે આઉટપુટ "0" મળે છે.

અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે NOR Gate સમજી શકાય જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.



Analogy of NOR Gate

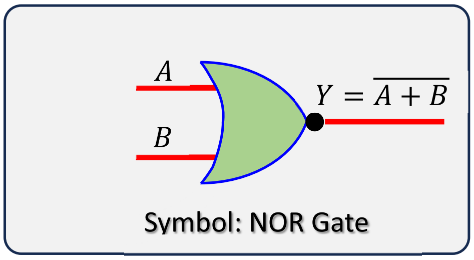
સર્કીટ પ્રમાણે જ્યારે બંને સ્વિચ "OFF" હોય ત્યારે જ બલ્બ "ON" થાય છે. આ સિવાયની તમામ પરિસ્થિતિઓમાં બલ્બ "OFF" રહે છે.

નીચેના ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

જો બે સ્વિચને "Input" તરીકે અને લાઈટ બલ્બની સ્થિતિને "Output" તરીકે દર્શાવીએ તો NOR Gate

Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	ON
OFF	ON	OFF
ON	OFF	OFF
ON	ON	OFF

Truth Table for NOR Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	ON
0	1	OFF
1	0	OFF
1	1	OFF



Symbol: NOR Gate

માટેનું Truth Table (સત્યાર્થતા કોષ્ટક) ઉપર મુજબ રજુ કરી શકાય.

NAND Logic Gate માટેનું બુલિયન સમીકરણ (Boolean Expression) નીચે મુજબ લખી શકાય.

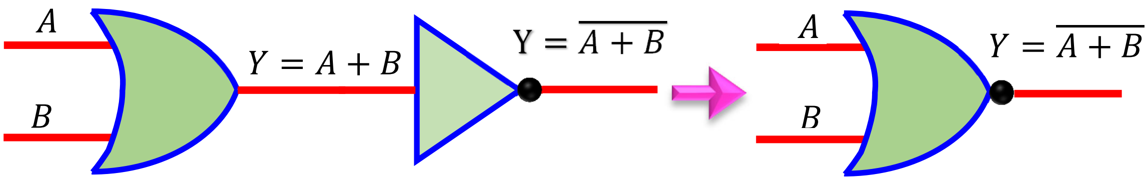
$$Y = \overline{A + B}$$

અહીં $\overline{+}$ એ Logical NAND operator દર્શાવે છે.

NOR Gate વાસ્તવમાં OR Gate ના આઉટપુટને NOT Gate ને આપવાથી રચાય છે.

આમ, Truth Table પરથી પણ ચકાસી શકાય છે કે NOR Gate નું આઉટપુટ એ OR Gate ના આઉટપુટ ને Invert/Complement કરવાથી મળતા આઉટપુટને સમાન જ હોય છે.

NOR Gate માંથી બાકીના તમામ Logic Gate બનાવી શકાતા હોવાથી તેને "Universal Gate" પણ કહે છે.



OR Gate　　NOT Gate　　NOR Gate

Applications of NOR Gate:

1. NOR Gate એ Universal Gate હોવાથી બાકીના તમામ Logical Gate તેમાંથી બનાવી શકાય છે.

2. NOR Gate એ ઘર કે ઓફીસમાં તાપમાન નિયંત્રણ અથવા હલન-ચલ આધારિત લાઈટ શરૂ કરવા માટે થાય છે.
3. NOR Gate નો ઉપયોગ multipliers, multiplexers, half adders, full adders અને ripple-carry adders જેઈ સંયોજિત સર્કીટમાં થાય છે.
4. NOR Gate એ Robotics માં મહત્વનો ભાગ ભજવે છે. Robot ની હલન-ચલનને વધુ ચોક્કસાઈ વાળી અને વધુ કાર્યક્ષમ બનાવે છે.
5. મેડીકલ ક્ષેત્રે Heart Rate Monitors અને imaging equipment જેવા મેડીકલ યંત્રોના સિગ્નલ પ્રોસેસ કરવા અને કટોકટીના મેડીકલ યંત્રોનાં યોગ્ય રીતે કાર્યરત રાખવા માટે NOR Gate વપરાય છે.
6. NOR Gate એ સંદેશાવ્યવહારમાં સિગ્નલ ટ્રાન્સમિશન અને રીસેપ્શન ચોક્કસાઈપૂર્વક થાય અને સંદેશાવ્યવહારની વિશ્વસનીયતા જળવાઈ રહે તે માટે વપરાય છે.
7. NOR Gate એ કેલ્ક્યુલેટર અને કોમ્પ્યુટરના કિ-બોર્ડના keystrokes ને capture કરવા અને આનુષંગિક ગણતરી અથવા જરૂરી કાર્યવાહી માટે નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે.
8. પાવર સિસ્ટમના વ્યવસ્થાપનમાં NOR Gate ઉપયોગી છે. તેનું પ્રાથમિક કાર્ય સર્કીટમાં વિદ્યુતઊર્જા વહેતી રહે અને સાથે સાથે પુરતી અને સલામત પ્રમાણમાં મળતી રહે તે માટેનું છે.
9. વિમાન અને સ્પેસશટલ જેવા વાહનોમાં દિશાશોધન અને નિયંત્રણ પ્રણાલીનાં સલામત ઓપરેશન માટે NOR gate મહત્વનો ભાગ ભજવે છે.
10. આજના મોડર્ન ગેમિંગમાં, ગેમિંગ કોન્સોલ NOR gate નો ઉપયોગ યુઝરના ઈનપુટનું યોગ્ય અર્થઘટન કરવા માટે કરે છે જેથી ગેમિંગનો અનુભવ અભિભૂત કરનારો બની રહે.
11. ટ્રાફિક વ્યવસ્થાપન પ્રણાલીઓ તેમના કાર્યક્ષમ ઓપરેશન માટે NOR Gate પર આધાર રાખે છે. ક્રોસિંગ રોડ પર એક સિગ્નલ એ બીજા સિગ્નલ સાથે વિરોધાભાસી બને નહિ અને અકસ્માતનો ભય ન્યુનત્તમ બને તે માટે NOR Gate ઉપયોગી છે.
12. NOR Gate એ ઇન્ડસ્ટ્રીમાં મશીનરી ઓપરેશનને સલામતી જરૂરિયાતોનું અનુપાલન સુનિશ્ચિત કરી નિયંત્રિત કરે છે. જે ઇન્ડસ્ટ્રીમાં થતા અકસ્માતોનાં નિવારણ અને કામદારોની સલામતી અને સુખાકરીની જરૂરીયાત પૂર્ણ કરે છે.
13. હોમ સિક્યુરિટી સિસ્ટમ્સ તેમની યોગ્ય કાર્યક્ષમતાની ખાતરી કરવા માટે NOR Gate પર આધાર રાખે છે. જ્યારે સુરક્ષા પ્રણાલીને હાથ ધરવામાં આવે છે, ત્યારે NOR Gate વિવિધ સેન્સર પર દેખરેખ રાખવામાં નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે અને કોઈ પણ પ્રકારના અનઅધિકૃત પ્રવેશ સામે તાત્કાલિક ચેતવણી આપે છે. NOR Gate નો હેતુ એ સુનિશ્ચિત કરવાનો છે કે એલાર્મ શરૂ કરતા પહેલા બહુવિધ શરતો પૂરી કરવી આવશ્યક છે, તેથી સિસ્ટમની એકંદર વિશ્વસનીયતામાં વધારો થાય છે.
14. NOR Gate એ ક્ષતિ શોધક પ્રણાલીમા (Fault Detection systems) વપરાય છે. તે સર્કીટનો આઉટપુટને ચકાસી સર્કીટની ઈચ્છિત સ્થિતિઓની સામે ઉદ્ભવતી ખોટી/અયોગ્ય સ્થિતિઓને ઓળખ કરે છે.
15. Programmable logic devices (PLDs) બનાવવા માટે NOR Gate ઉપયોગી છે.
16. ડીજીટલ સિસ્ટમમાં સમન્વયિત/Synchronized Clock Signal ઉત્પન્ન કરવા માટે NOR Gate વપરાય છે.

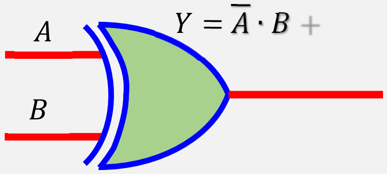
Que. 22. EX – OR / XOR GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: NOR Gate: જે Logic Gate એક ઈનપુટ A અને બીજા ઈનપુટ B ના નિષેધનું સંયોજન $(A \cdot \overline{B})$ તથા પ્રથમ ઈનપુટ A ના નિષેધ અને બીજા ઈનપુટ B ના સંયોજન $(\overline{A} \cdot B)$ ના વિસર્જન $(\overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B})$ ના Logical Operation કરીને આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને EX-OR/XOR Gate કહે છે.

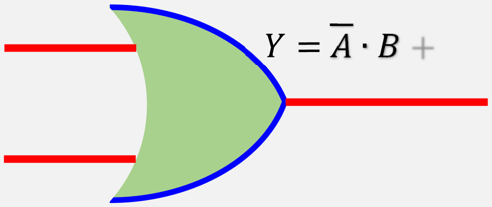
EX-OR Gate માં જ્યારે બેમાંથી એક ઈનપુટ "0"હોય ત્યારે આઉટપુટ "1" મળે છે અને જ્યારે બંને ઈનપુટ "0"હોય અથવા બંને ઈનપુટ "1"હોય ત્યારે આઉટપુટ "0" મળે છે.
અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે EX-OR Gate સમજી શકાય જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઈટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.
સર્કીટ પ્રમાણે જ્યારે બેમાંથી કોઇ એક સ્વિચ **"ON"** હોય ત્યારે જ બલ્બ **"ON"** થાય છે. આ સિવાયની બાકીની પરિસ્થિતિઓમાં બલ્બ **"OFF"** રહે છે.
નીચેના ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	OFF
OFF	ON	ON
ON	OFF	ON
ON	ON	OFF

Truth Table for NOR Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	OFF
0	1	ON
1	0	ON
1	1	OFF



Symbol: EX-OR / XOR Gate



EX-OR / XOR Gate નું Boolean expression નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = (A \oplus B) = \overline{A} \cdot B + A \cdot \overline{B}$$

અહીં $\oplus$ એ EX-OR ઓપરેશન દર્શાવે છે.

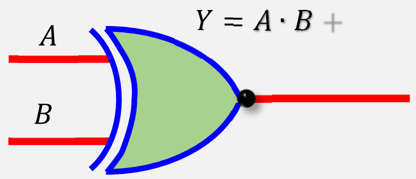
Applications of EX-NOR Gate:

1. XOR Gate એ બે બાઈનરી અંકોનો સરવાળો આપે છે આથી ઘણી બધી અંકગાણિતિય (Arithmetic) સર્કીટમાં તેનો ઉપયોગ થાય છે. EX-OR Gate "સરવાળા" ની ગણતરી કરે છે જ્યારે AND Gate "વદી" ની ગણતરી કરે છે.
2. Parity checker સર્કીટમાં તેનો ઉપયોગ Parity (એકી/બેકી સંખ્યા) તપાસવા માટે થાય છે.
3. XOR Gate નો ઉપયોગ NOT Gate તરીકે (Inverter) કરવામાં આવે છે.
4. મલ્ટિ-બીટ ઉમેરવા માટે, ફુલ-એડરનો ઉપયોગ થાય છે. આ સર્કિટ, અન્ય લોજિક ગેટ્સ સાથે બહુવિધ EX-OR ગેટ્સનો ઉપયોગ કરીને બનાવવામાં આવે છે, જે સરવાળો અને કેરી-આઉટ બનાવવા માટે ત્રણ સિંગલ-બીટ બાઇનરી નંબરો (બે ઇનપુટ બિટ્સ અને એક કેરી-ઇન બીટ) ઉમેરે છે.
5. EX-OR એ parity bit બનાવવા માટે વપરાય છે જે data સાથે પ્રસારિત થાય છે.
6. જે છેડે Data મેળવવામાં આવે છે તે બાજુ પણ EX-OR સર્કીટ એ નિર્ધારિત કરે છે કે મેળવેલ Data ની Parity સાચી છે કે કેમ?. જો પ્રસારણ વખતે કોઇ ત્રુટી ઉદ્ભવી હોય તો EX-OR નો આઉટપુટ અલગ હોય છે જે પ્રસારણ વખતે મોકલેલ Parity થી અલગ હોય છે.
7. EX-OR ગેટને "અસમાનતા ડિટેક્ટર (Inequality Detector)" અથવા "એન્ટિ-કોઇન્સિડન્સ (Anti-Coincidence)" તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. જો બે ઇનપુટ્સ સમાન ન હોય તો તે ઉચ્ચ આઉટપુટ (1) ઉત્પન્ન કરે છે, જે તુલનાત્મક પરિપથમાં ઉપયોગી છે.
8. Inverter(ઈન્વર્ટર) and buffer(બફર): જ્યારે EX-OR ના ઈનપુટને કંટ્રોલ સિગ્નલ સાથે જોડેલ હોય ત્યારે તે Inverter(ઈન્વર્ટર) કે buffer(બફર) તરીકે કામ કરે છે. જો ઈનપુટ " 1 " હોય તો આઉટપુટ નિષેધ/invert થઇ જાય છે અને જો ઈનપુટ " 0 " હોય તો આઉટપુટ પણ ઈનપુટ જેટલો જ રહે છે.
9. બે કે તેથી વધુ Binary નંબરની સરખામણી કરવા ઘણાં બધાં EX-OR gate નો ઉપાયોગ થાય છે.
10. સંદેશાના Encryption અને decryption માટે એક ગુપ્ત keyને સંદેશાનું Ex-ORing કરવામાં આવે છે.
11. સીડીની લાઇટને બે છેડેથી કંટ્રોલ કરવા માટે EX-OR gate નો ઉપયોગ થાય છે.
12. Computation and simulation માટે જરૂરી એવા રેન્ડમ નંબર (Random Number) જનરેટ કરવા માટે EX-OR gate નો ઉપયોગ થાય છે.

Que. 23. EX – NOR / XNOR GATE ની વ્યાખ્યા આપી તેની રચના, લોજીકલ સિમ્બોલ, સત્યાર્થતા કોષ્ટક (Truth Table), કાર્યપધ્ધતિ અને ઉપયોગીતાઓ વર્ણવો.

Ans: EX-NOR Gate: જે Logic Gate એક ઈનપુટ A અને બીજા ઈનપુટ B નું સંયોજન $(A \cdot B)$ તથા પ્રથમ ઈનપુટ A ના નિષેધ અને બીજા ઈનપુટ B ના ના નિષેધ સંયોજન $(\overline{A} \cdot \overline{B})$ ના વિસર્જન $(A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B})$ ના Logical Operation કરીને આઉટપુટ મેળવે છે તેવા Logic Gate ને EX-NOR / XNOR Gate કહે છે.

EX-NOR Gate માં જ્યારે બંને ઈનપુટ "0"હોય અથવા બંને ઈનપુટ "1"હોય ત્યારે આઉટપુટ "0" મળે છે અને જ્યારે બંનેમાંથી કોઇ એક ઈનપુટ "1"હોય ત્યારે પણ આઉટપુટ "1" મળે છે.
અહીં આપેલી ઇલેક્ટ્રિક સર્કીટ વડે EX-NOR Gate સમજી શકાય જેમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ દર્શાવેલ છે.

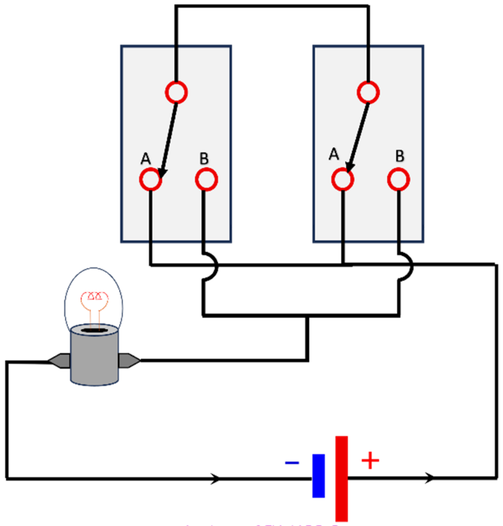


Symbol: EX-NOR / XNOR Gate

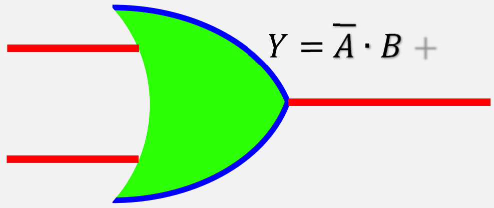
સર્કીટ પ્રમાણે જ્યારે બેમાંથી કોઇ એક સ્વિચ “ON” હોય ત્યારે જ બલ્બ “ON” થાય છે. આ સિવાયની બાકીની પરિસ્થિતિઓમાં બલ્બ “OFF” રહે છે.
નીચેના ટેબલમાં બે સ્વિચ અને એક લાઇટ બલ્બ વડે રજુ થતી સ્થિતિ દર્શાવેલ છે.

Truth Table for switch & a bulb system		
A	B	BULB
OFF	OFF	ON
OFF	ON	OFF
ON	OFF	OFF
ON	ON	ON

Truth Table for NOR Logic Gate		
A	B	BULB
0	0	ON
0	1	OFF
1	0	OFF
1	1	ON



Analogy of EX-NOR Gate



EX-OR / XOR Gate નું Boolean expression નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$Y = \overline{(A \oplus B)} = A \odot B$$

$$Y = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

અહીં $\odot$ એ EX-NOR ઓપરેશન દર્શાવે છે.

Applications of EX-NOR Gate:

1. Comparators: તેનો ઉપયોગ બાઈનરી અંકોને સરખાવવા માટે થાય છે.
2. બાઈનરી અંકોના સરવાળા અને બાદબાકીમાં સમાન અંકોને શોધવા માટે XNOR Gate નો ઉપયોગ થાય છે.
3. Parity ચકાસણી: આપેલ માહિતીમાં એકી અથવા બેકી Parity નિશ્ચિત કરવા માટે XNOR Gate નો ઉપયોગ થાય છે.
4. Multiplexers (MUX): તે વિવિધ ઇનપુટ ચેનલોમાંથી કોઈ એકને પસંદ કરવામાં મદદ કરે છે.

5. **Latch and Flip-Flop Control:** મેમરી સ્ટોરેજ એલિમેન્ટ્સને સક્રિય (enable) કે નિષ્ક્રિય (disable) કરવા માટે XNOR ગેટ વપરાય છે.
6. **Decoders:** ઇનપુટ કોડના આધારે ચોક્કસ આઉટપુટને સક્રિય કરવા માટે આ ગેટ ઉપયોગી છે.
7. **Clock Synchronization:** ક્લોક સિગ્નલોને એકસૂત્ર (synchronize) કરવામાં તે મહત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.
8. **Data Storage:** જ્યારે તેને SRAM સેલ સાથે જોડવામાં આવે છે, ત્યારે તે ડેટા સંગ્રહની કાર્યક્ષમતામાં સુધારો કરે છે.
9. Bi-stable Latching: XNOR gates help maintain stable output states.
10. Bi-stable Latching: XNOR ગેટ આઉટપુટની સ્થિર અવસ્થા (stable states) જાળવી રાખવામાં મદદ કરે છે.
11. **Control Logic:** સિક્વન્સિંગ (ક્રમબદ્ધતા) અને નિર્ણય લેવાની પ્રક્રિયામાં તે મહત્વપૂર્ણ છે.
12. **Full Adders and ALUs:** ડિજિટલ સર્કિટમાં અંકગણિતની ક્રિયાઓ કરવા માટે XNOR ગેટ ખૂબ જ મહત્વનો ભાગ ભજવે છે.

Que. 24. De Morgan ના બે પ્રમેય (Theorem) વિસ્તૃતમાં સમજાવો.

Ans: ડી મોર્ગનના પ્રમેયો બુલિયન બીજગણિત (Boolean Algebra) માં ડિજિટલ સર્કિટ અને લોજિકલ સમીકરણોને સરળ બનાવવા માટેના બે મૂળભૂત નિયમો છે. આ પ્રમેયો બ્રિટિશ ગણિતશાસ્ત્રી **Augustus De Morgan** દ્વારા રજૂ કરવામાં આવ્યા હતા.

આ પ્રમેયો ખૂબ જ ઉપયોગી છે કારણ કે તે લોજિક ફંક્શનને એક સ્વરૂપમાંથી બીજા સ્વરૂપમાં બદલવાની છૂટ આપે છે (ઉદાહરણ તરીકે, AND ઓપરેશનને OR ઓપરેશનમાં ફેરવવું). આ ખાસ કરીને **NAND** અને **NOR** ગેટની ડિઝાઇનમાં બહુ કામ લાગે છે.

પ્રથમ નિયમ (De Morgan's First Law): બે કે તેથી વધુ ચલો (variables) ના સરવાળા (OR) નો પૂરક (complement/inversion) એ તેમના વ્યક્તિગત પૂરકોના ગુણાકાર (AND) બરાબર હોય છે.

ધારો કે A અને B એ બે ચલ(ઇનપુટ) છે. ગાણિતિક રીતે De Morgan ના પ્રથમ નિયમ અનુસાર,

$$\overline{\boldsymbol{A}+\boldsymbol{B}}=\overline{\boldsymbol{A}}\cdot\overline{\boldsymbol{B}}$$

જ્યાં, $+$ એ બે ચલ (ઇનપુટ) વચ્ચેનું લોજીકલ OR ઓપરેટર દર્શાવે છે.

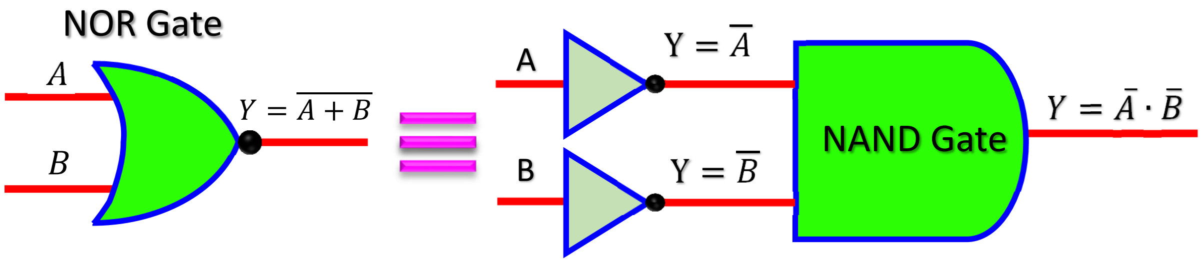
$\cdot$ એ બે ચલ (ઇનપુટ) વચ્ચેનું લોજીકલ AND ઓપરેટર દર્શાવે છે.

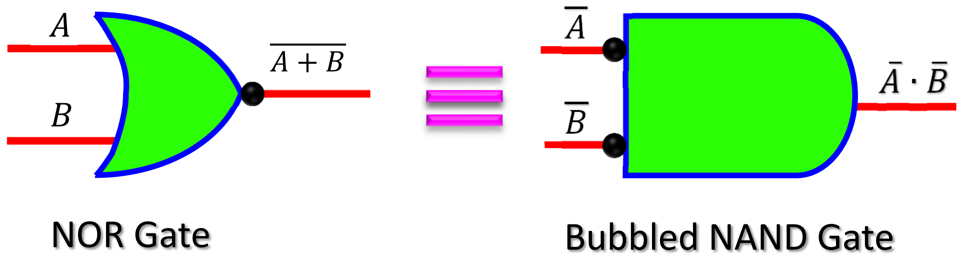
$-$ એ બે ચલ (ઇનપુટ) વચ્ચેનું લોજીકલ NOT ઓપરેટર દર્શાવે છે.

ગાણિતિક રીતે, આનો અર્થ એ છે કે **NOR** ગેટ એ **બબલ્ડ AND (Bubbled AND)** ગેટ (ઇન્વર્ટેડ ઇનપુટ્સ સાથેનો AND ગેટ) ની બરાબર છે.

બુલિયન ગણિતના સંદર્ભમાં, જ્યારે OR Gate ના આઉટપુટને NOT Gate ને આપવામાં આવે છે તેના આઉટપુટ NOR Gate કહે છે અને બે ઈનપુટ A અને B ને જ્યારે અલગ અલગ NOT Gate ને આપવામાં આવે છે તેનો આઉટપુટ પૂરક (ઇન્વર્ટ) $\overline{\boldsymbol{A}}$ **અને** $\overline{\boldsymbol{B}}$ થાય છે અને આવા પૂરક (ઇન્વર્ટેડ) આઉટપુટને AND Gate

ને આપતા આઉટપુટ $\overline{\boldsymbol{A}} \cdot \overline{\boldsymbol{B}}$ મળે છે જેને Bubbled AND Gate કહે છે. આ બંને Logic Gate ની circuit નીચે મુજબ રજુ કરી શકાય.





De Morgan's First Law – Truth Table:

A	B	$A+B$	$\overline{A+B}$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A}\cdot\bar{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

બીજો નિયમ (De Morgan's Second Law): બે કે તેથી વધુ ચલો (variables) ના લોજીકલ ગુણાકાર (AND) નો પૂરક (complement/inversion) એ તેમના વ્યક્તિગત પૂરકોના લોજીકલ સરવાળા (OR) બરાબર હોય છે.

ધારો કે A અને B એ બે ચલ(ઇનપુટ) છે. ગાણિતિક રીતે De Morgan ના પ્રથમ નિયમ અનુસાર,

$$\overline{\boldsymbol{A}\cdot\boldsymbol{B}} = \overline{\boldsymbol{A}} + \overline{\boldsymbol{B}}$$

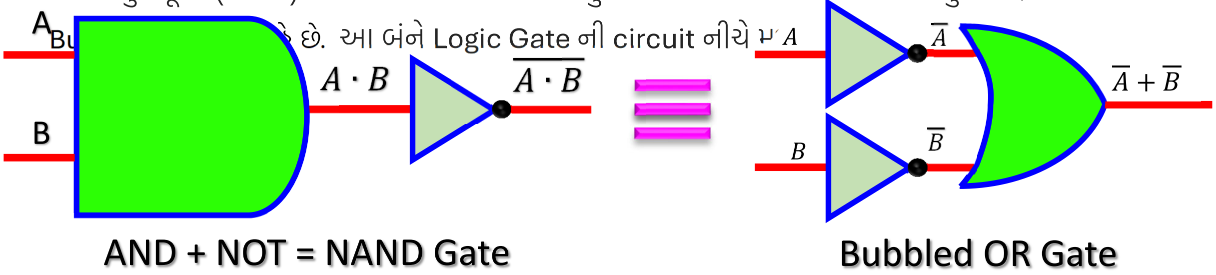
જ્યાં, + એ બે ચલ (ઇનપુટ) વચ્ચેનું લોજીકલ OR ઓપરેટર દર્શાવે છે.

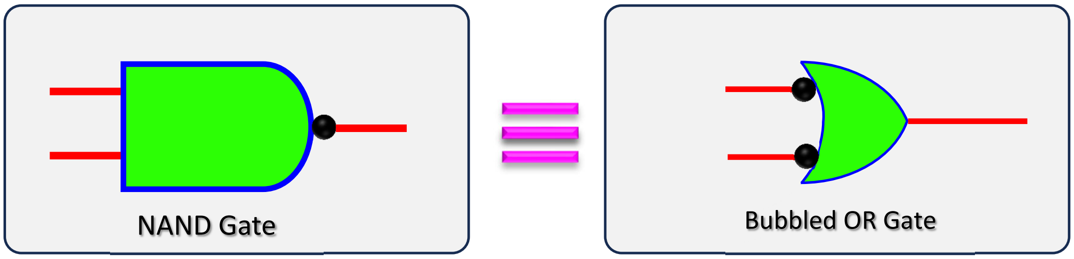
· એ બે ચલ (ઇનપુટ) વચ્ચેનું લોજીકલ AND ઓપરેટર દર્શાવે છે.

– એ જે તે ચલ(ઈનપુટ) નો લોજીકલ NOT ઓપરેટર દર્શાવે છે.

ગાણિતિક રીતે, આનો અર્થ એ છે કે **NAND** ગેટ એ બબલ્ડ **OR (Bubbled OR)** ગેટ (ઇન્વર્ટેડ ઇનપુટ્સ સાથેનો OR ગેટ) ની બરાબર છે.

બુલિયન ગણિતના સંદર્ભમાં, જ્યારે AND Gate ના આઉટપુટને NOT Gate ને આપવામાં આવે છે તેના આઉટપુટ NAND Gate કહે છે અને બે ઈનપુટ A અને B s અલગ NOT Gate ને આપવામાં આવે છે તેનો આઉટપુટ પૂરક (ઈન્વર્ટ) $\bar{A}$ અને $\bar{B}$ થાય છે આઉટપુટને OR Gate ને આપ... ...ઉટપુટ $\bar{A}+\bar{B}$ મળે છે જેને Bu... છે. આ બંને Logic Gate ની circuit નીચે મ...





De Morgan's Second Law – Truth Table:

A	B	$A \cdot B$	$\overline{A \cdot B}$	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A}+\bar{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	1	0	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0

De morgan's ના નિયમોની ઉપયોગીતાઓ:

1) બુલિયન બીજગણિતનું સરળીકરણ(Boolean Algebra Simplification): એક જટિલ બુલિયન રજુઆત ધ્યાનમાં લો જેમ કે $\overline{A+B+C}$ જેને ડી મોર્ગનનો પ્રથમ નિયમ લાગુ કરીને, આપણે આ રજુઆતને $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$ તરીકે ફરીથી લખી શકીએ છીએ. આ સરળીકરણ તાર્કિક સર્કિટના વિશ્લેષણ

અને આયોજનમાં ઉપયોગી બને છે, ખાસ કરીને એવા દૃશ્યોમાં જ્યાં અસંખ્ય શરતોને ચકાસવાની અથવા જોડવાની જરૂર હોય છે.

2) લોજિક ગેટ્સ ઑપ્ટિમાઇઝેશન (Logic Gates Optimization): ડિજિટલ સર્કિટના પ્લાનમાં, ધારો કે એક સર્કિટ છે જેમાં AND અને OR ગેટ્સ બંનેની જરૂર છે. ડી મોર્ગનના પ્રથમ નિયમનો ઉપયોગ કરીને, આપણે OR Gate ને AND Gate મા બદલી શકીએ છીએ. આ ઑપ્ટિમાઇઝેશન જરૂરી Gatesની સંખ્યામાં ઘટાડો કરે છે, જેનાથી વધુ અસરકારક ડિઝાઇન મેળવી શકાય છે.
3) સંયોજક સર્કિટ ડિઝાઇન(Combinatorial Circuit Design): ચોક્કસ ઇનપુટ શરતોના આધારે અંકગણિત કામગીરી કરતી સર્કિટમાં ડી મોર્ગનના નિયમનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. કોઈ સંખ્યા 5 કરતા મોટી પરંતુ 10 કરતા ઓછી છે કે કેમ તે નક્કી કરતી સર્કિટમાં, ડી મોર્ગનના નિયમનો ઉપયોગ શરતોને સરળ બનાવવા માટે થઇ શકે છે, જે સર્કિટની ડિઝાઇનને વધુ ટૂંકી અને કાર્યક્ષમ બનાવે છે.
4) પ્રોગ્રામિંગ અને સૉફ્ટવેર ડેવલપમેન્ટ (Programming and Software Development): સૉફ્ટવેર સુધારણામાં, એવી પરિસ્થિતિને ધ્યાનમાં લો જ્યાં પ્રોગ્રામને તાજેતરમાં કોડના ચોક્કસ ચોરસને ચલાવવા માટે વિવિધ પરિસ્થિતિઓ તપાસવાની જરૂર છે. ડી મોર્ગનના પ્રથમ કાયદાનો ઉપયોગ કરીને, સૉફ્ટવેર ઇજનેરો વધુ જટિલ Logical પરિસ્થિતિઓને વધુ સરળ Logical પરિસ્થિતિઓમાં ફરીથી લખી શકે છે. જેમ કે $\overline{A+B}$ ને $\overline{A}\cdot\overline{B}$ તરીકે સુધારવાથી કોડ વધુ સ્પષ્ટ અને સરળ બને છે.
5) ડિજિટલ સિગ્નલ પ્રોસેસિંગ(Digital Signal Processing): ડિજિટલ સિગ્નલનાં વિશ્લેષણ, સુધારા-વધારા અને સંશ્લેષણ માટે આ બે નિયમોનો ઉપયોગ થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, ઑડિઓ પ્રોસેસિંગમાં, ઇજનેરો ધ્વનિ સંકેતમાં ચોક્કસ આવૃતિવાળા અવાજને ફિલ્ટર કરવા અથવા તેમાં સુધારા વધારા કરવા માટેની શરતોને સરળ બનાવવા માટે ડી મોર્ગનના નિયમોનો ઉપયોગ થાય છે. આ સરળીકરણ સિગ્નલને વધુ અસરકારક રીતે પ્રક્રિયા કરવા માટે વધુ સારા એલ્ગોરિધમ્સ બનાવવામાં મદદ કરે છે.
6) ડેટાબેઝ ક્વેરી ઑપ્ટિમાઇઝેશન(Database Query Optimization): ડેટાબેઝ સિસ્ટમમાં, વિવિધ શરતો સાથેની ક્વેરીનો ઉપયોગ કરીને ચોક્કસ માહિતી શોધવામાં ડી મોર્ગનના નિયમો ઉપયોગી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, જો તમે data system માં $\overline{A\cdot B}$ શોધી રહ્યા છો તો તમે De morgan ના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને $\overline{A}+\overline{B}$ પણ શોધી શકો છો કારણ કે બંને એકબીજાને સમરૂપ છે.