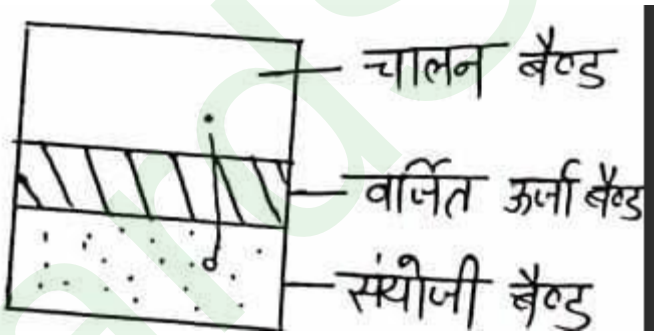
अर्धचालक इलेक्ट्रानिकी

चालक- वे पदार्थ जिनमें विद्युत धारा प्रवाहित होती है, चालक कहलाता है। इनमें मुक्त इलेक्ट्रॉन पाये जाते है। उदाहरण- सभी धातुएँ ।

अचालक- वे पदार्थ जिनमें विद्युत धारा प्रवाहित नहीं होती है, अचालक कहलाता है। इनमें मुक्त इलेक्ट्रान उपस्थित नही होते हैं। उदा० – लकडी, कागज, प्लास्टिक आदि।

अर्धचालक- वे पदार्थ जिनका विद्युतीय गुण सुचालको तथा कुचालको के बीच होता है, उन्हें अर्धचालक कहते हैं। उदा०- Ge, si ।

ऊर्जा बैण्ड सिद्धान्त के आधार पर अर्द्धचालको का वर्गीकरण



ऊर्जा बैण्ड के सिद्धान्त के आधार पर, अर्द्धचालक पदार्थों को तीन क्षेत्रों में विभक्त किया है, जिसमे संयोजकता बैण्ड पूर्णतः भरा तथा चालन बैण्ड पूर्णतः खाली रहता है। वर्जित बैण्ड की चौडाई उस ऊष्मीय ऊर्जा के बराबर होती है जिसे ग्रहण करके संयोजक बैण्ड का इलेक्ट्रान चालन बैण्ड मे पहुँच जाता है। इस प्रकार, अर्धचालक को सुगमता से चालक बनाया जा सकता है।

Note:-

boardstudy.in boardstudy.in

- समस्त अर्धचालक की संयोजकता 4 होती हैं।
- परमशून्य ताप पर अर्धचालक आदर्श कुचालक के भाँति व्यवहार करते हैं।

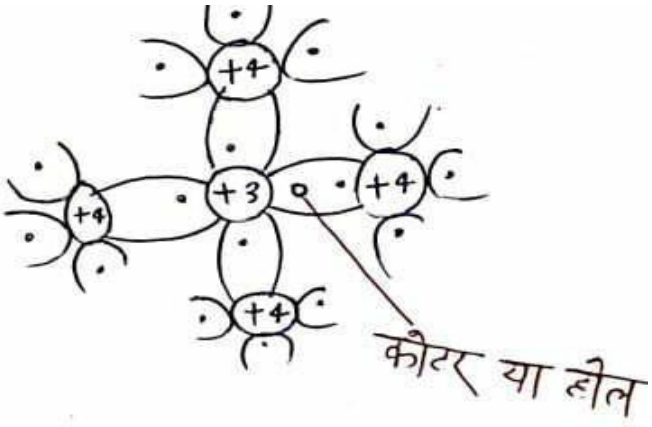
अर्धचालको के प्रकार

अर्धचालक दो प्रकार के होते हैं-

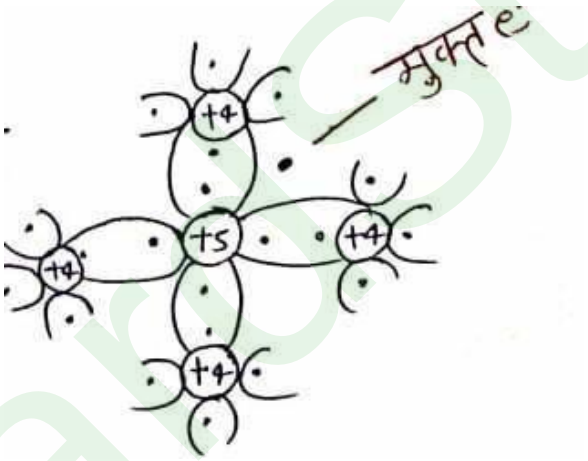
- **शुद्ध या आन्तरिक या निज अर्धचालक-** निज अर्धचालक वे पदार्थ होते हैं जो प्रकृति में शुद्ध रूप से विद्यमान होते हैं, जिनमें कोई अपद्रव्य न मिला हो । इस प्रकार इन पदार्थों को शुद्ध या प्राकृतिक अर्धचालक कहते हैं। जैसे- Ge तथा Si ।
- **अशुद्ध या बाहय अर्धचालक-** जब किसी शुद्ध अर्धचालक में कोई त्रिसंयोजी अशुद्धि अथवा पंचसंयोजी अशुद्धि (बोरान अथवा आर्सेनिक) मिलायी जाती है तो पदार्थ की चालकता बहुत बढ़ जाती है। इस क्रिया को अपमिश्रण कहते हैं। इस प्रकार प्राप्त अशुद्ध अर्धचालक को बाह्य अर्धचालक कहते हैं।

बाह्य अर्धचालक दो प्रकार के होते हैं-

(i) **P- टाइप अर्धचालक-** जब किसी शुद्ध अर्धचालक मे त्रिसंयोजी अशुद्धि (जैसे - बोरान, एल्युमिनियम) मिलाई जाती है तो इसे P-टाइप अर्धचालक कहते हैं। इसमे एक स्थान जो शेष बच जाता है, उसे कोटर या होल बोलते हैं। यही बहुसंख्यक आवेश वाहक का कार्य करता है।

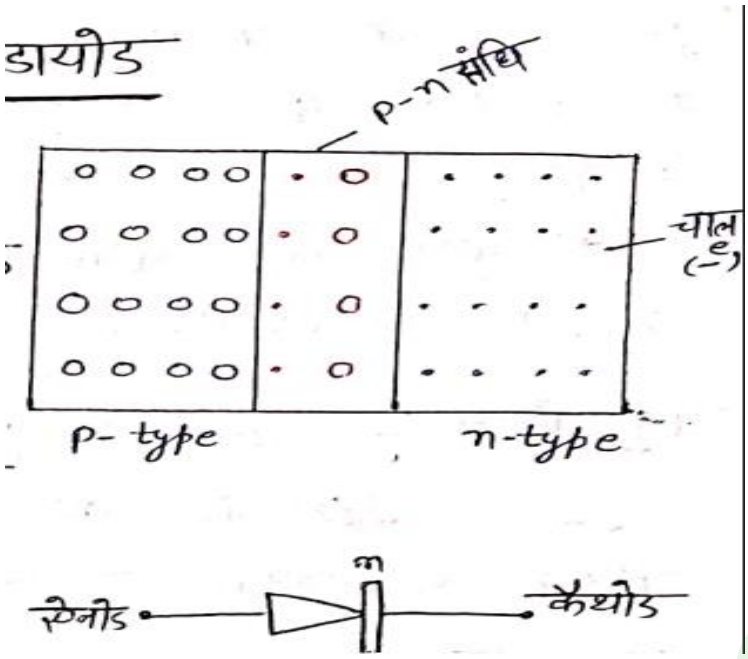


(ii) n - टाइप अर्धचालक - जब किसी शुद्ध अर्धचालक (जैसे Ge, Si) मे पंचसंयोजी अशुद्धि (जैसे- आर्सेनिक) मिलाई जाती है तो इसे n-टाइप अर्धचालक कहते हैं। इसमें बहुसंख्यक आवेश वाहक का कार्य e- करता है।



अर्द्धचालक डायोड अथवा P-n संधि डायोड

जब एक P- प्रकार के अर्धचालक क्रिस्टल को किसी विशेष संधि द्वारा n- प्रकार के अर्धचालक क्रिस्टल के साथ जोड़ दिया जाता है, तो जिस स्थान पर क्रिस्टल एक दूसरे से जुड़ते हैं, वहा P-n संधि कहलाती है।" इस संयोजन के विद्युत लक्षण डायोड वाल्व की भाँति होते हैं, अतः इस संयोजन को P-n संधि डायोड भी कहते हैं।



संधि के दोनों ओर से कोटर तथा चालक इलेक्ट्रॉन परस्पर ऊष्मीय विशोभ के कारण संधि को पार करते है जिससे अधिकांश आवेश वाहक परस्पर संयोग करके नष्ट हो जाते है जिससे संधि के पास एक परत बन जाती है जिसे अवक्षय परत कहते है।

अवक्षय परत की मोटाई लगभग 10^{-6} मी० होती है। आन्तरिक वैद्युत क्षेत्र के कारण आवेश वाहको का स्थानांतरण बन्द हो जाता है इस प्रकार संधि के सिरो के बीच एक विभवान्तर उत्पन्न हो जाता है जिसे संपर्क विभव या विभव प्राचीर कहते हैं।

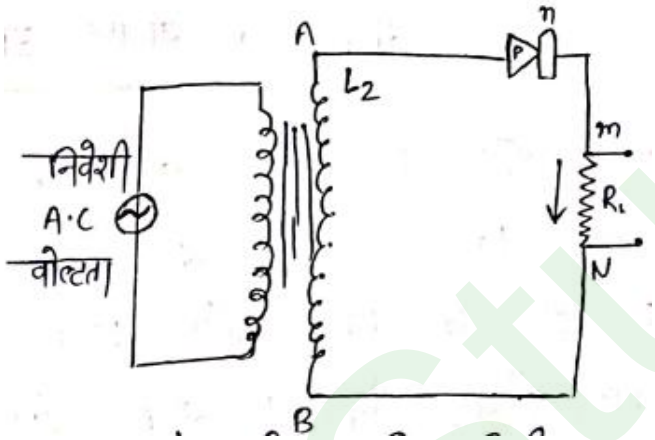
दिष्टकरण

प्रत्यावर्ती धारा की दिष्ट धारा में बदलने की प्रक्रिया को दिष्टकरण कहते हैं।

p-n संधि डायोड एक दिष्टकारी के रूप में

(i) p-n संधि डायोड एक अर्द्धतरंग-दिष्टकारी के रूप में-

परिपथ व्यवस्था- चित्र की भांति एक परिपथ तैयार करते हैं जिसमें जिस A.C को D.C में बदलना होता है उसे उच्चायी ट्रांसफार्मर की प्राथमिक कुंडली के श्रेणी क्रम में सम्बंधित करते हैं। द्वितीयक कुंडली के सिरे A को D क्षेत्र से तथा सिरे B को एक लोड प्रतिरोध (R_L) के साथ n क्षेत्र से सम्बंधित करते हैं।



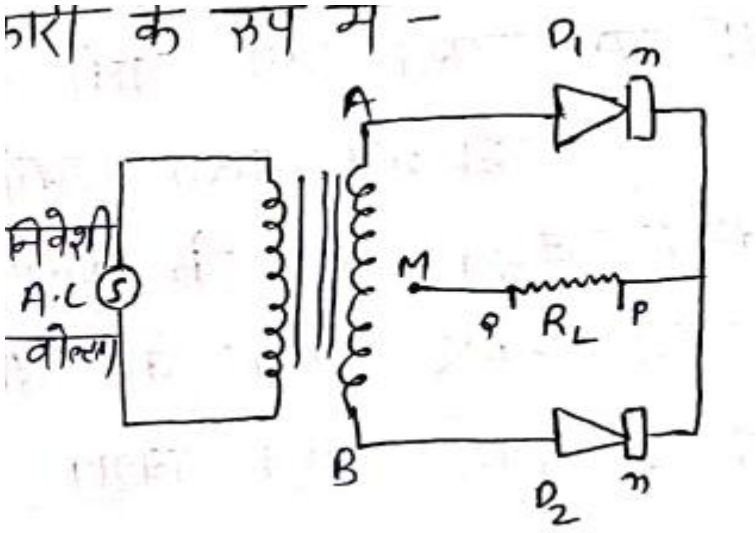
कार्यविधि: A.C के प्रथम अर्धचक्र में जब ट्रांसफार्मर की द्वितीयक कुंडली का सिरा A धन विभव पर तथा B सिरा ऋण विभव पर होता है, तो अग्रअभिनत के कारण लोड प्रतिरोध (R_L) में विद्युत धारा M से N की ओर प्रवाहित है। A.C के द्वितीय अर्धचक्र में जब सिरा A ऋण विभव पर तथा B सिरा धन विभव पर होता है तो उत्क्रम अभिनत के कारण धारा प्रवाहित नहीं होती है।

इस प्रकार A.C की केवल अर्द्धतरंगे ही D.C में बदल पाती है।

(ii) p-n संधि डायोड एक पूर्ण तरंग दिष्टकारी के रूप में-

परिपथ व्यवस्था-

BoardStudy



चित्र की भांति एक परिपथ तैयार करते हैं। जिसमें दो p-n संधि डायोडों D_1 व D_2 को प्रयोग किया जाता है। डायोडों के p सिरों को द्वितीयक कुंडली के सिरे A और B से सम्बंधित कर दिया जाता है। इसके अलावा दोनों n सिरों को परस्पर सम्बंधित करके लोड प्रतिरोध (R_L) से जोड़ देते हैं। यहां पर जोड़ा गया लोड प्रतिरोध A और B के मध्य बिंदु से सम्बंधित किया गया है। प्राथमिक कुंडली में जिस AC को DC में बदलना होता है उसे श्रेणीक्रम में सम्बंधित कर देते हैं।

कार्यविधि- A.C के प्रथम अर्धचक्र में जब डायोड D_1 अग्र अभिनत में होता है तो ये धारा को प्रवाहित होने देता है लेकिन डायोड D_2 उत्क्रम अभिनत में होता है तो ये धारा को प्रवाहित नहीं होने देता है। और इसके बाद AC के द्वितीय अर्धचक्र में A सिरा ऋण विभव पर होता है और B सिरा धन विभव पर होता है। तो D_2 डायोड धारा प्रवाहित होने देता है और D_1 डायोड धारा प्रवाहित नहीं होने देता है। इस प्रकार यहाँ पर प्राप्त तरंगे पूर्ण रूप से दिष्ट धारा में परिवर्तित हो जाती है।

ट्रांजिस्टर (Transistor)

वह युक्ति जिसके द्वारा वोल्टेज, शक्ति तथा धारा का प्रवर्धन किया जा सकता है उसे **ट्रांजिस्टर** कहते हैं।

अथवा

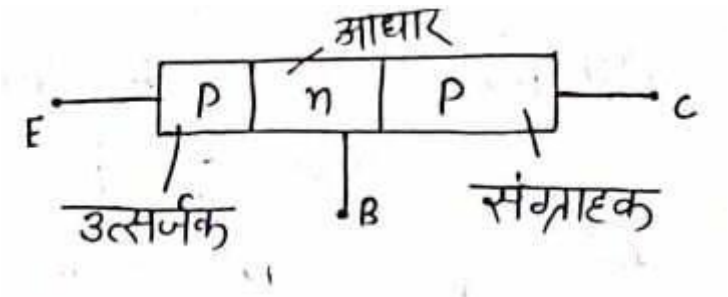
p- टाइप तथा n- टाइप अर्धचालकों से बनी वह युक्ति जो डायोड वाल्व के स्थान पर प्रयुक्त की जा सकती है, ट्रांजिस्टर कहलाती है। **ट्रांजिस्टर** का अविष्कार अमेरिकन वैज्ञानिको शोकले, वार्डीन तथा बेरिन द्वारा सन् 1948 ई० में किया गया था। इस अविष्कार के लिए इन वैज्ञानिकों को सन् 1956 ई. मे नोबेल पुरस्कार भी दिया गया था।

ट्रांजिस्टर के प्रकार:

ट्रांजिस्टर दो प्रकार के होते हैं-

- p-n-p ट्रांजिस्टर
- n-p-n ट्रांजिस्टर

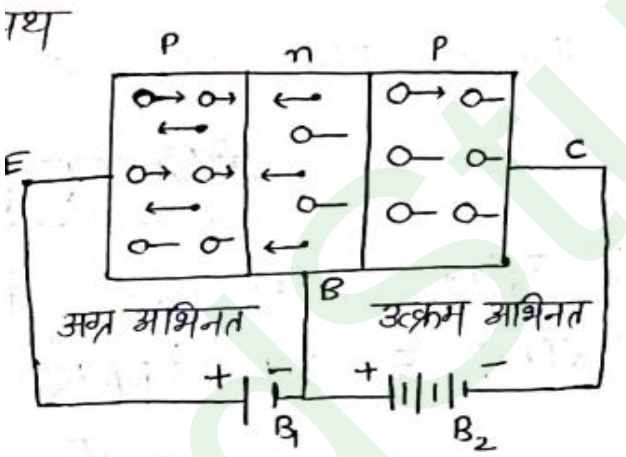
(i) p-n-p ट्रांजिस्टर:- यह ट्रांजिस्टर n टाइप अर्धचालक की पतली पर्त को p-टाइप अर्धचालक की दो मोटी पर्तो के बीच दबाकर बनाया जाता है। इस प्रकार इसमें बीच का n क्षेत्र आधार और बायी ओर का P क्षेत्र उत्सर्जक तथा दायी ओर का P क्षेत्र संग्राहक कहलाता है।



BoardStudy

परिपथ व्यवस्था- चित्र की भांति परिपथ तैयार करते हैं जिसमें उत्सर्जक आधार संधि को बैटरी B_1 द्वारा अग्रअभिनत बनाते हैं जिससे इसकी अवक्षय परत अत्यंत पतली हो जाने के कारण यह आवेश वाहकों के मार्ग में न्यूनतम प्रतिरोध उत्पन्न करती है।

बैटरी B_2 द्वारा आधार संग्राहक संधि को उत्क्रम अभिनत बनाते हैं जिससे इसकी अवक्षय परत अपेक्षाकृत मोटी हो जाने से यह धारा के मार्ग में अधिकतम प्रतिरोध आरोपित करती है।

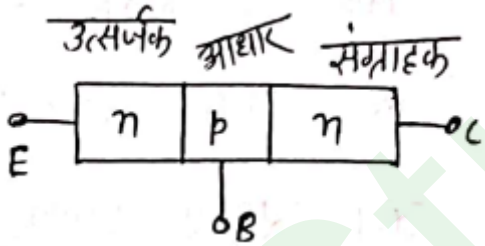


कार्यविधि- उत्सर्जक आधार संधि के अग्रअभिनत में होने के कारण उत्सर्जक के कोटर आधार को पार करके संग्राहक में जाने लगते हैं। इस प्रकार लगभग 2% कोटर आधार में चालक इलेक्ट्रॉनों से संयोग करके उदासीन हो जाते हैं। जैसे ही कोई कोटर बिंदु C पर पहुंचता है वैसे ही बैटरी B_2 के ऋण ध्रुव से एक इलेक्ट्रॉन निकलकर कोटर को उदासीन कर देता है। जिससे संग्राहक धारा I_C प्राप्त होती है।

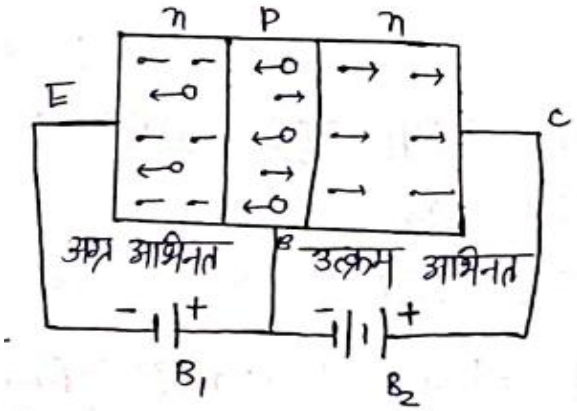
जैसे ही आधार में किसी चालक इलेक्ट्रॉन की कमी होती है वैसे ही बैटरी B_1 के ऋण ध्रुव से एक इलेक्ट्रॉन निकलकर पूरा कर देता है जिससे सूक्ष्म आधार धारा I_B प्रवाहित होती है। जैसे ही उत्सर्जक में कोटर की

कमी होती है वैसे ही संधि के समीप एक सहसंयोजक बंध टूट जाता है तथा दोनों इलेक्ट्रॉन बैटरी B_1 के धन ध्रुव द्वारा आकर्षित होते हैं जिससे उत्सर्जक धारा I_E प्राप्त हो जाती है।

(ii) n- p – n ट्रांजिस्टर- यह ट्रांजिस्टर P- टाइप अर्धचालक की एक पतली पर्त को n – टाइप अर्धचालक की दी मोटी पर्तों के बीच दबाकर बनाया जाता है। इस प्रकार इसमे बीच का P-क्षेत्र आधार, बायी ओर n – क्षेत्र उत्सर्जक और दायी ओर का n क्षेत्र संग्राहक होता है।



परिपथ व्यवस्था- चित्र की भांति परिपथ तैयार करते हैं। जिसमें उत्सर्जक आधार संधि को बैटरी B_1 द्वारा अग्र अभिनत बनाते हैं। जिससे इसकी अवक्षय परत अत्यंत पतली हो जाने के कारण यह आवेश वाहकों के मार्ग में न्यूनतम प्रतिरोध उत्पन्न करती है। बैटरी B_2 द्वारा आधार संग्राहक संधि को उत्क्रम अभिनत बनाते हैं जिससे इसकी अवक्षय परत अपेक्षाकृत मोटी हो जाने से यह धारा के मार्ग में अधिकतम प्रतिरोध आरोपित करते हैं।



कार्यविधि- उत्सर्जक आधार संधि के अग्रअभिनत में होने के कारण उत्सर्जक के चालक इलेक्ट्रान आधार को पार करके संग्राहक में जाने लगते हैं जिससे लगभग 2% चालक इलेक्ट्रान आधार में कोटरों से संयोग करके उदासीन हो जाते हैं। जैसे ही कोई चालक इलेक्ट्रान बिंदु C पर पहुंचता है वैसे ही वह बैटरी B_2 के धन ध्रुव द्वारा आकर्षित हो जाते हैं। जिससे संग्राहक धारा I_C प्रवाहित होती है। जैसे ही आधार में किसी कोटर की कमी होती है वैसे ही आधार में एक सहसंयोजक बंध टूट जाता है। तथा दोनों इलेक्ट्रॉन बैटरी B_1 के धन ध्रुव द्वारा आकर्षित हो जाते हैं। तथा सूक्ष्म आधार धारा I_B प्रवाहित होती है। जैसे ही उत्सर्जक में किसी चालक इलेक्ट्रान की कमी होती है। वैसे ही बैटरी B_1 के ऋण ध्रुव से एक इलेक्ट्रॉन निकलकर उत्सर्जक में पहुंचकर इस कमी को पूरा कर देता है। जिससे उत्सर्जक धारा I_E प्राप्त हो जाती है।

फोटो डायोड

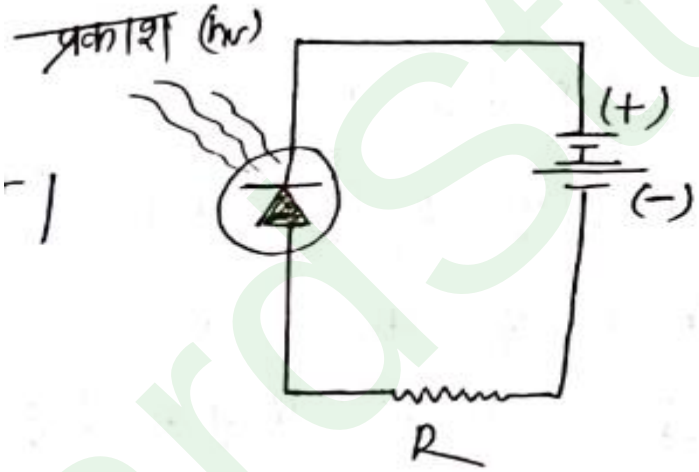
यह साधारण p-n संधि डायोड के समान होता है। इसमे p-n जंक्शन के पास एक पारदर्शी प्लेट लगी हुई होती है जिससे की संधि पर प्रकाश आपतित हो सके।

यह उत्क्रम अभिनति के सिद्धांत पर कार्य करता है। जब तक हम संधि पर कोई प्रकाश नहीं डालते हैं उस समय उत्पन्न धारा को अदीप्त धारा कहते हैं। जब प्रकाश डालते हैं तो संधि के मध्य सहसंयोजक बंध टूटते हैं बंधों के टूटने से आवेशवाहक उत्पन्न होते हैं, और ये आवेश वाहक धारा के मान को बढ़ा देते हैं, जिससे धारा का मान और बढ़ जाता है जिस

प्रकार आपतित तीव्रता का मान बढ़ाते हैं। उस प्रकाश आपतित प्रकाश का मान बढ़ता जाता है। अर्थात $t^\circ \propto I$

उपयोग –

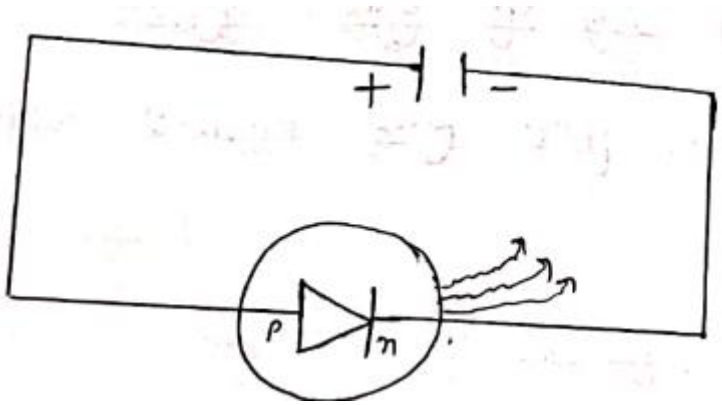
1. इसका उपयोग प्रकाश के संसूचन मे ।
2. इसका उपयोग स्वचलित दरवाजे, लिफ्ट आदि मे ।
3. प्रकाश सिंग्नल का संसूचन मे ।
4. कम्प्यूटर पंच कार्डो मे।
5. प्रकाश संचालित कुजियो मे ।



प्रकाश उत्सर्जक डायोड (L.E.D):- यह एक युक्ति है जो विद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा में परिवर्तित करती है। इसका प्रयोग प्रकाश स्रोत के रूप में अथवा प्रकाश सिग्नलो को उत्पन्न करने के लिए किया जाता है। इसकी संरचना P-n संधि डायोड की भाति होती है। परन्तु इनको बनाने के लिए ऐसे अर्धचालको का प्रयोग किया जाता है जिसका निषिद्ध ऊर्जा अन्तराल दृश्य प्रकाश के ऊर्जा अन्तराल के समान होता है। अतः दृश्य प्रकाश उत्सर्जित करने के लिए यौगिक अर्धचालक जैसे- गैलियम

BoardStudy

आर्सेनाइड-फॉस्फाइड का उपयोग विभिन्न वर्णों के LED के निर्माण में होता है।



कार्य प्रणाली- जब LED की अग्रअभिनति में जोड़ा जाता है तो n एवं p क्षेत्रों से इलेक्ट्रॉन तथा कोटर संधि की ओर गति करने लगते हैं। जब ये संधि पर परस्पर संयोग करते हैं तो इलेक्ट्रॉन तथा कोटर एक-दूसरे को उदासीन कर देते हैं। इस प्रक्रिया में इलेक्ट्रॉन चालन बैंड से संयोजी बैंड में आ जाता है। इस प्रक्रिया में अर्धचालक पदार्थ के E_g के बराबर ऊर्जा विद्युत चुंबकीय तरंगों के रूप में मुक्त होती है। यदि इसकी तरंग के दृश्य क्षेत्र में होती है तो यह हमें दिखाई देती है।

उपयोग:-

- प्रकाश स्त्रोत के रूप में।
- अलार्म आदि में इंडीकेटर के रूप में।
- LED डिस्प्ले में।
- अवरक्त विकिरण उत्सर्जित करने वाली LED का प्रयोग रिमोट आदि मे प्रकाश सिग्नल उत्सर्जित करने के लिए किया जाता है।
- अवरक्त प्रकाश उत्सर्जित करने वाली LED का प्रयोग धुंध आदि मे फोटो ग्राफी के लिए किया जाता है।

BoardStudy

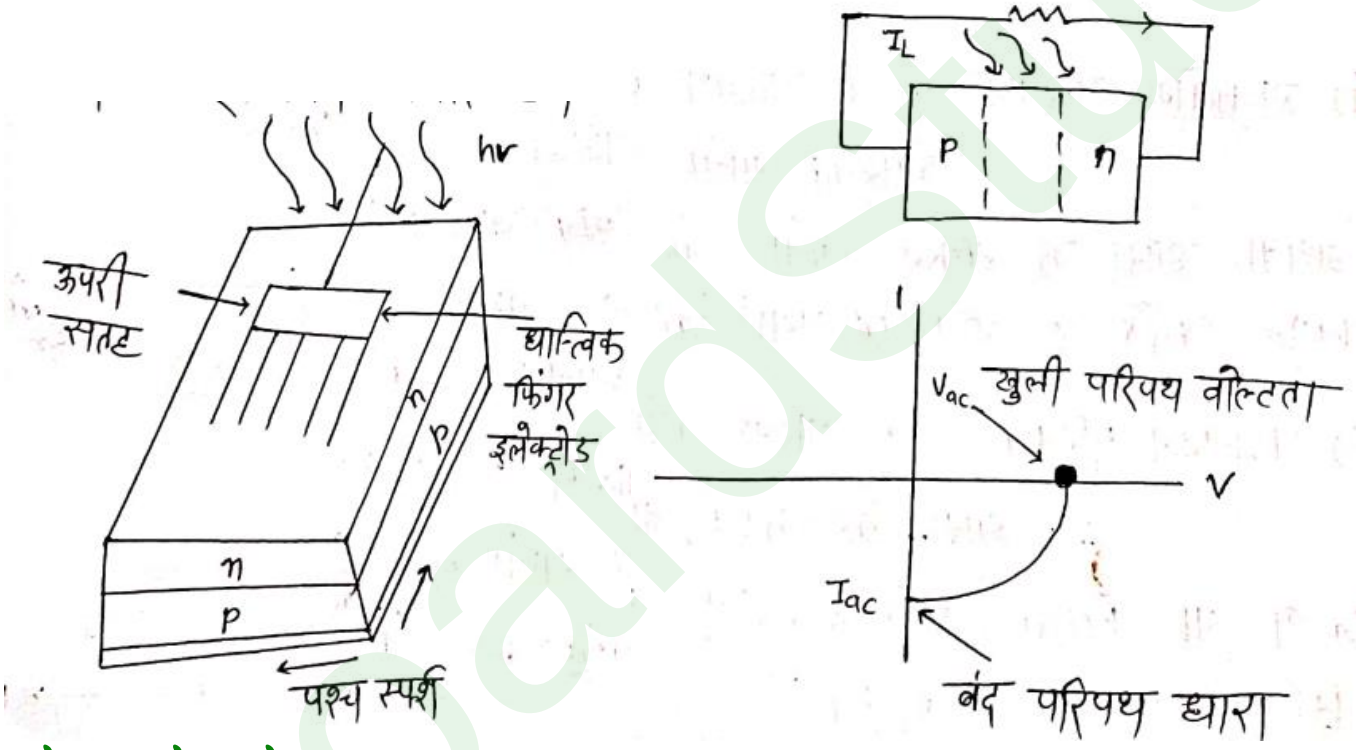
सौर सेल या सोलर सेल

- यह एक युक्ति है जो प्रकाश ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है। इसीलिए इसे प्रकाश वोल्टीय सेल तथा इसकी इस क्रिया को फोटो वोल्टीय क्रिया कहते हैं।
- यदि कई सारी फोटो वोल्टीय सेलो को श्रेणी क्रम में जोड़कर इस प्रकार बनी पंक्तियों को परस्पर समान्तर क्रम में जोड़ दिया जाये तो यह संयोजन सोलर पैनल कहलाता है।
- यह अवअभिनति p-n संधि होती है, जिसे प्रायः सिलिकन का प्रयोग करके बनाया जाता है। क्योंकि सिलिकन का निषिद्ध ऊर्जा अन्तराल लगभग दृश्य प्रकाश की ऊर्जा के बराबर होता है।
- परन्तु अधिक दक्षता वाली सोलर सेल बनाने के लिए गैलियम आर्सेनाइट (Eg= 1.SeV) का प्रयोग किया जाता है। इसमें n-टाइप के एक अर्धचालक के पदार्थ p-टाइप अर्धचालक की एक पतली परत चढ़ी रहती है। इसे इतना पतला इसलिए रखा जाता है ताकि इस पर आपतित प्रकाश संधि तक पहुँच सके।

- n-टाइप क्षेत्र के निचले सिरे पर धातु की एक पतली परत लगा दी जाती है जो कैथोड का कार्य करता है। जबकि p-टाइप परत के ऊपर सतह पर एक अंगुलीनुमा इलेक्ट्रोड लगा दिया जाता है जो ऐनोड का कार्य करता है। जब सूर्य का प्रकाश इसके p-क्षेत्र पर आपतित होता है तो यह इसे पार करके संधि पर पहुंच जाता है और वहाँ सहसंयोजक बंधों को तोड़ देता है जिससे कि इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म उत्पन्न हो जाता हैं तथा अवक्षय परत में पहले से उपस्थित आंतरिक वैद्युत क्षेत्र E_r के कारण कोटर p-क्षेत्र की ओर तथा

इलेक्ट्रॉन n-क्षेत्र की ओर चल पड़ते हैं। जिससे कि n-क्षेत्र में अतिरिक्त इलेक्ट्रॉन की अधिकता होने के कारण यह युक्ति एक सेल की भांति व्यवहार करने लगती है, जिससे सिरों पर एक विभवांतर उत्पन्न हो जाता है जिसे कहते हैं।

- यदि इससे कोई लोड प्रतिरोध जोड़ दिया जाए, तो इससे धारा प्रवाहित होने लगती है। चूँकि इस विभवान्तर का मान बहुत कम होता है। इसलिए व्यवहारिक तौर पर एक सेल का कोई उपयोग नहीं है। इसलिए हम सोलर पैनल बनाते हैं।



सोलर सेल के लाभ-

- यह पूर्णतयः प्रदूषण मुक्त ऊर्जा का स्त्रोत है।
- सोलर पैनलों के रख- रखाव की अत्यधिक गावश्यकता नहीं होती है।
- यह लम्बे समय तक चलते है।

सोलर सेलो का उपयोग-

BoardStudy

- इसका उपयोग ऊर्जा स्त्रोत के रूप में किया जाता है।
- कृत्रिम उपग्रहो में इसका प्रयोग वैद्युत ऊर्जा के स्त्रोत के रूप में किया जाता है।
- इसका प्रयोग इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों जैसे कैलकुलेटर, अलार्म आदि में ऊर्जा स्रोत के रूप में किया जाता है।

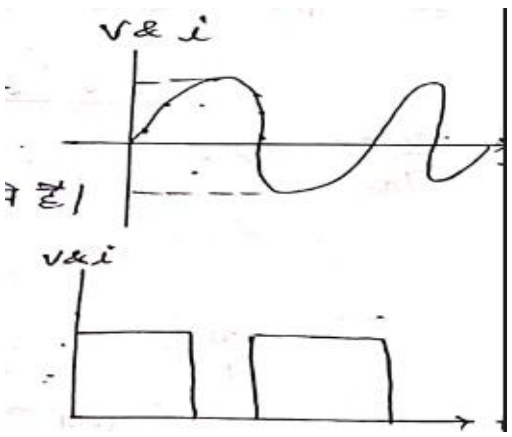
अंकीय इलेक्ट्रॉनिकी

सिग्नलः- वह माध्यम जिसके द्वारा सूचनाओ का आदान प्रदान किया जाता है, सिग्नल कहलाता है। सिग्नल दो प्रकार का होता है-

- एनालॉग सिग्नल
- डिजिटल सिग्नल

(i) एनालॉग परिपथ- वे परिपथ जो किन्ही दो निश्चित मानो के बीच वोल्टेज अथवा धारा के समस्त मानो को ग्रहण अथवा निर्गत करते हैं ऐसे परिपथो को एनालॉग कहते है।

(ii) डिजिटल परिपथ- वे परिपथ जो वोल्टेज अथवा धारा के केवल दो ही मानो को ग्रहण या निर्गत करते हैं, ऐसे परिपथो को डिजिटल परिपथ कहते हैं।

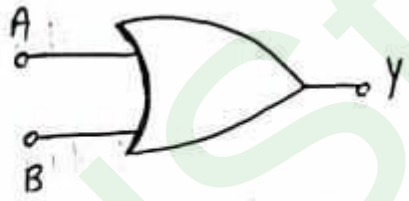


लॉजिक गेट-

वह डिजिटल परिपथ जो निवेश (Input) तथा निर्गत (Output) सिग्नलो के बीच तर्क पूर्ण सम्बन्धो के अनुसार कार्य करता है, लाजिक गेट कहलाता है।

लॉजिक गेट तीन प्रकार के होते है।

(i) OR गेट – इसमे दो या दो से अधिक निवेश तथा उसके तर्क संगत केवल एक निर्गत होता है।



यदि A और B इनपुट तथा Y आउटपुट है तो बूलियन व्यजक → [A+ B = Y]

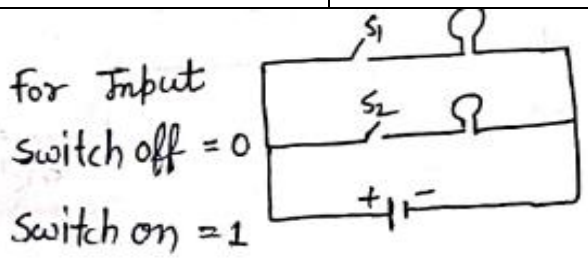
A OR B equals Y

सत्यता सारणी-

Input(A)	Input(B)	Output(Y)
0	0	0
0	1	1
1	0	1

BoardStudy

Input(A)	Input(B)	Output(Y)
1	1	1

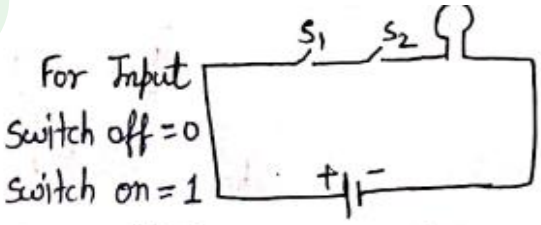


For output
Not glowing bulb = 0
glowing bulb = 1

(ii) AND गेट – यह भी एक द्विनिवेशी तथा एकल निर्गत लाजिक गेट है।

यदि A&B inputs तथा Y output है तो बूलियन व्यजक [A.B = Y]

A And B equals Y

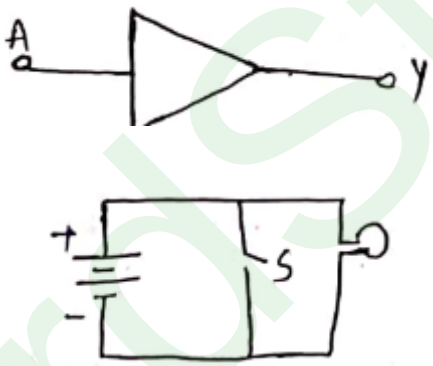


For output
Not glowing bulb = 0
glowing bulb = 1

सत्यता सारणी

Input(A)	Input(B)	Output(Y)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(iii) NOT गेट – इसमे केवल एक Input तथा उसके तर्कसंगत केवल एक output होता है।



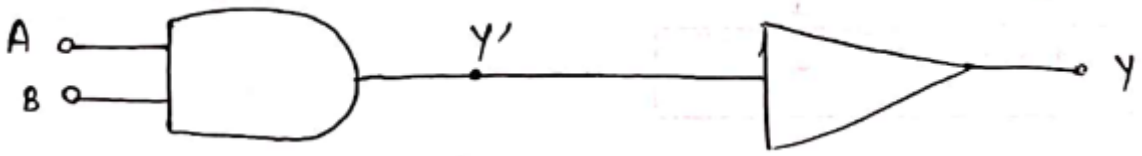
यदि A Input तथा Y Output है तो बूलियन व्यंजक [$\bar{A} = Y$] NOT A equals Y

सत्यतता सारणी

Input A	Output Y
0	$0^- = 1$
1	$1^- = 0$

गेटो का संयोजन

(i) NAND गेट – जब AND गेट के Output को NOT गेट का Input बनाते हैं तो इस प्रकार के संयोजन को NAND गेट कहते हैं।



यदि A & B AND गेट के input तथा y' output हो तो y' = A. B

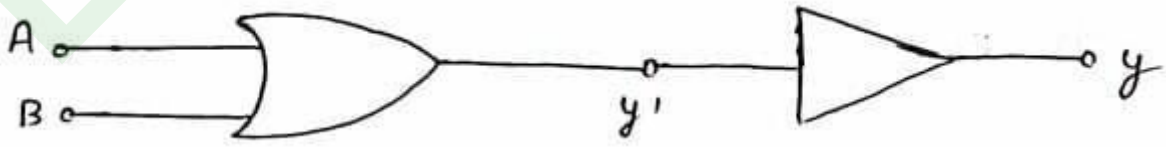
यदि y' NOT गेट का input तथा y output हो तो $Y^{-}=Y''^{-}$

$Y=A.B^{-}$ ये NAND गेट का बूलियन व्यंजक है।

सत्यता सारणी

Input A	Input B	Output Y'	Output Y
0	0	0	$0^{-}=1$
0	1	0	$0^{-}=1$
1	0	0	$0^{-}=1$
1	1	1	$1^{-}=0$

(ii) NOR गेट– जब OR गेट के output को NOT गेट का Input बनाते हैं, तो इस प्रकार के संयोजन को NOR गेट कहते हैं।



यदि A& B OR गेट के input y' output हो तो- Y'= A+B

यदि Y' NOT गेट का input तथा output Y है तो- $Y=Y''^{-}$

BoardStudy

[y=A+B] जो NOR गेट का बूलियन व्यंजक है।

सत्यता सारणी

Input(A)	Input(B)	Output(Y')	Output(Y)
0	0	0	$0^- = 1$
0	1	1	$1^- = 0$
1	0	1	$1^- = 0$
1	1	1	$1^- = 0$

BoardStudy