

লাল - সবুজে

দাগানো

TEXT BOOK



পদার্থ বিজ্ঞান

২য় পত্র

New Edition

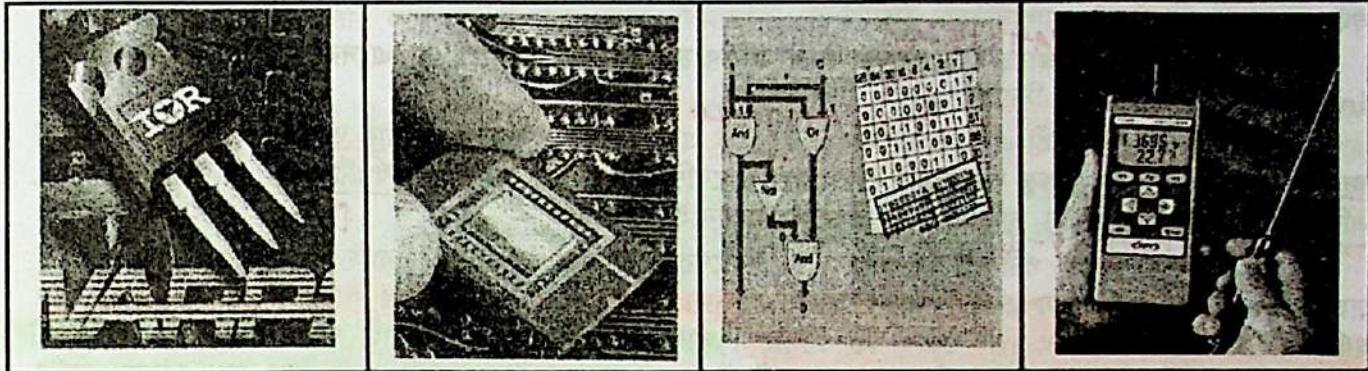


উমেষ

মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন কেয়ার

সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেকট্রনিক্স SEMICONDUCTOR AND ELECTRONICS

প্রধান শব্দ (Key Words) : ব্যাংড তত্ত্ব, পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহী, ইন্ট্রিন্সিক ও এক্সট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর, বকীয় ও বহিঃজাত অর্ধপরিবাহী, পি-টাইপ এবং এন-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী, ইলেকট্রন ও হোল, জাংশন ডায়োড, রেকটিফায়ার, ট্রানজিস্টর, অ্যাম্প্লিফায়ার, নম্বর পদ্ধতি, ডেসিমাল, বাইনারি, অষ্টাল, হেক্সাডেসিমাল, বাইনারি অপারেশন, লজিক গেট, ট্রুথ টেবিল।



সূচনা

Introduction

ইলেকট্রনিক্স আধুনিক প্রয়োগ বিজ্ঞান (Applied Science)-এর একটি গুরুত্বপূর্ণ শাখা। এই শাখায় শূন্য মাধ্যম, গ্যাসীয় মাধ্যম বা সেমিকন্ডাক্টরের ভেতর দিয়ে ইলেকট্রনের গতি এবং ওই গতির জন্য সৃষ্টি ঘটনার তত্ত্ব বিশদভাবে আলোচিত হয়। আধুনিক জীবনযাত্রায়, বিনোদনে, যোগাযোগ ব্যবস্থায় ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রপাতি অপরিহার্য। ইলেকট্রনিক্সের ব্যবহার আধুনিক জীবনযাত্রায় ব্যাপক পরিবর্তন এনেছে। আমাদের অগ্রগতির পথকে ইলেকট্রনিক্স এমনভাবে আঞ্চে পৃষ্ঠে বেঁধে রেখেছে যে সকালে ঘুম থেকে জাগ্রত হওয়া থেকে আরম্ভ করে রাতে ঘুমাতে যাওয়া পর্যন্ত প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে এর সাহায্য নিতে হচ্ছে। এই অধ্যায়ে ইলেকট্রনিক্সের মূল বস্তু অর্ধপরিবাহী (semiconductor), ডায়োড, ট্রানজিস্টর, রেকটিফায়ার, অ্যাম্প্লিফায়ার, নম্বর পদ্ধতি, বাইনারি অপারেশন, লজিক গেট ও এদের ব্যবহার এবং আইসি নিয়ে আলোচনা করা হবে।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

- কঠিন পদাৰ্থের ব্যাংড তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্যাংড তত্ত্বের আলোকে পরিবাহী, অপরিবাহী এবং সেমিকন্ডাক্টর ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ইন্ট্রিন্সিক ও এক্সট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- সেমিকন্ডাক্টরে ইলেকট্রন ও হোলের ধারণা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- পি টাইপ সেমিকন্ডাক্টর এবং এন টাইপ সেমিকন্ডাক্টর তৈরি ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- জাংশন ডায়োডের গঠন ও কার্যক্রম ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- একমুখীকরণ (rectification) ব্যাখ্যা করতে পারবে।

ব্যবহারিক : (১) পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকরণ (দুটি ডায়োড ব্যবহার করে)

(২) ডায়োডের সাহায্যে একমুখীকরণ (বীজ রেকটিফায়ার ব্যবহার করে)

- জাংশন ট্রানজিস্টরের গঠন ও কার্যক্রম ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- অ্যাম্প্লিফায়ার ও সুইচ হিসেবে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- বিভিন্ন প্রকার নম্বর পদ্ধতির মধ্যে রূপান্তর ব্যবহার করতে পারবে।
- বাইনারি অপারেশন ব্যবহার করতে পারবে।
- বিভিন্ন প্রকার লজিক গেটের কার্যক্রম বিশ্লেষণ করতে পারবে।

ব্যবহারিক : (১) AND লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই

(২) NOT লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই

(৩) OR লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই

১০.১ অর্ধপরিবাহী Semiconductor

ব্যান্ড তত্ত্ব আলোচনার পূর্বে পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী পদার্থের ধর্ম ও বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে আমাদের জানা প্রয়োজন।

১০.১.১ পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহীর ধারণা
Ideas about conductor, insulator and semiconductors

আমাদের আশে-পাশের সমস্ত পদাৰ্থই কঠিন, তৱল ও গ্যাস এই তিনটি অবস্থার যে কোনো একটি অবস্থায় বিদ্যমান। তড়িৎ পরিবহিতার প্রকৃতি অনুসারে কঠিন পদাৰ্থকে তিনটি শ্ৰেণিতে ভাগ কৰা যায়।

যে সমস্ত পদার্থের ভেতর দিয়ে ডিউ সহজে চলাচল করতে পারে সেগুলোকে বলা হয় পরিবাহী (conductor)।
যেমন সোনা, তামা, রূপা, আলমিনিয়াম ইত্যাদি।

এক ধরনের পদার্থ আছে যার ডেতের দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না এদেরকে বলা হয় অপরিবাহী (insulator)। যেমন রাবার, সিরামিক, কাচ, কাঠ ইত্যাদি।

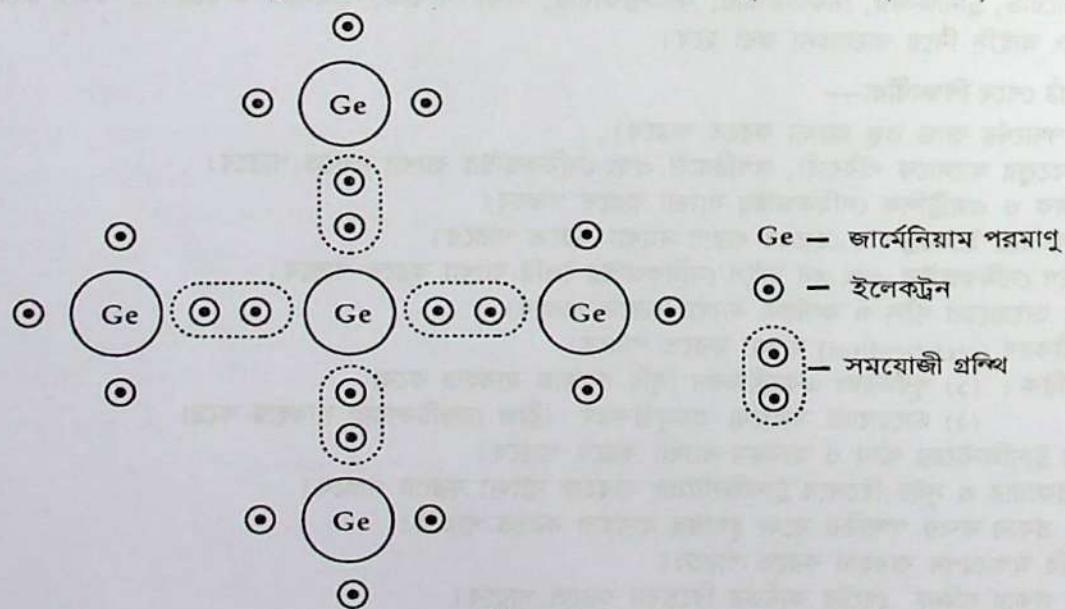
আমরা জানি, পরিবাহী এবং অন্তরকের মাঝামাঝি এক ধরনের পদার্থ আছে যার তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবাহী
পদার্থের চেয়ে অনেক কম; কিন্তু অন্তরকের চেয়ে অনেক বেশি। এগুলোকে বলা হয় অর্ধপরিবাহী। যেমন জার্মেনিয়াম,
সিলিকন, কার্বন, ক্যান্ডিমিয়াম সুলফাইড, গ্যালিলিয়াম আর্সেনাইড ইত্যাদি। DAT-18-19

DAT: সিলিকন কার্বন ক্যারিগিয়াম সলফাইড, গ্যালিয়াম আর্সেনাইড ইত্যাদি। DAT-18-19

17-18, একটি পদার্থ কর্তৃতু পরিবাহী বা অন্তরক তা পদার্থের আপেক্ষিক রোধ বা পরিবাহিতার মান থেকে ধারণা করা
 16-17, যায়। যেমন তামার আপেক্ষিক রোধ সাধারণ তাপমাত্রায় $10^{-8} \Omega\text{-m}$; পক্ষান্তরে কাচের আপেক্ষিক রোধ $10^{16} \Omega\text{-m}$ ।
 20-21 অর্ধপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ 10^{-5} থেকে $10^8 \Omega\text{-m}$ । সাধারণ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থ অন্তরক বা অপরিবাহী
 হিসেবে কাজ করে; কিন্তু অর্ধপরিবাহী কেলাসকে যদি উন্নত করা হয় তাহলে খুব দ্রুত সে তার রোধ হারায়, অর্থাৎ
 পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। আবার তাপমাত্রা হাস করলে অর্ধপরিবাহীর রোধ বৃদ্ধি পায়। পরম শূন্য তাপমাত্রায় পুরাপুরি
 কুপরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। সুপরিবাহী পদার্থের বেলায় এর উচ্চে ঘটনা ঘটে। অর্ধাং উন্নত হলে সুপরিবাহী
 পদার্থের রোধ বৃদ্ধি পায়।

অর্ধপরিবাহী পদার্থের আর একটা বিশেষ ধর্ম হচ্ছে যে, যদি কোনো বিশুদ্ধ (pure) অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে কোনো নির্দিষ্ট অপদ্রব্যের খুব সামান্য অংশমাত্র (দশ লক্ষ ভাগের এক ভাগমাত্র) মেশানো হয় তাহলে এর রোধ অনেক গুণ কমে যায়। এ ধরনের মিশ্রণ পদ্ধতিকে বলা হয় ডোপিং (doping)। বিভিন্ন ডিভাইস বা যন্ত্রাংশ তৈরিতে অপদ্রব্য মিশ্রিত অর্ধপরিবাহী পদার্থই ব্যবহার করা হয়।

সুপরিবাহী পদাৰ্থের গঠন এমন যে, কোনো পৱনাগুৰ অসম্পূর্ণ বাইরের কক্ষের (shell) যোজন (valence) ইলেকট্রনগুলো ঠিক পাশের পৱনাগুৰ বাইরের কক্ষে চলে যায় তাদের অসম্পূর্ণ কক্ষকে পূর্ণ কৰার জন্য। এভাবে এক



ଚିତ୍ର ୧୦୯

পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলো স্বাধীনভাবে চলাফেরা করতে পারে। এই যোজন ইলেকট্রনগুলো স্বাধীনভাবে চলাফেরা করে বলেই পরিবাহী পদার্থ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে এবং পদার্থটি সুপরিবাহী পদার্থ হয়।

কিন্তু অপরিবাহী পদার্থের ওই রকম স্বাধীন বা মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না বলে তারা তড়িৎ পরিবহন করে না। ওই সমস্ত পদার্থের ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবন্ধ থাকে। অর্ধপরিবাহী পদার্থ জার্মেনিয়াম ও সিলিকন পরমাণুর বাইরের কক্ষে ৪টি যোজন ইলেকট্রন থাকে। আমরা জানি যে, যে কোনো পরমাণুর সর্বশেষ কক্ষে সর্বোচ্চ ৪টি ইলেকট্রন থাকতে পারে। ৪টি ইলেকট্রন থাকলে পরমাণুটি সুস্থির অবস্থায় থাকে এবং পরমাণুটি অপরিবাহী হয়ে যায়। প্রত্যেক পরমাণুই সুস্থির অবস্থায় থাকতে চায় অর্থাৎ এরা বাইরের কক্ষে সর্বোচ্চ ৪টি ইলেকট্রন পেতে চায়। জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি এই ধরনের পরমাণু প্রয়োজনীয় বাকি ইলেকট্রনগুলো সংগ্রহ করে তাদের পাশের পরমাণু থেকে। লক্ষণীয় যে পাশের পরমাণু তার ইলেকট্রন একেবারেই দিয়ে দেয় না। এক্ষেত্রে পাশাপাশি দুটো পরমাণু নিজেদের মধ্যে একে অপরের ইলেকট্রন ব্যবহার বা ভাগাভাগি করে এক বিশেষ ধরনের ঘন্থি বা বঙ্গ (bond) তৈরি করে। এ ধরনের ঘন্থিকে বলা হয় সমযোজী ঘন্থি (covalent bond)। চিত্র ১০.১-এ জার্মেনিয়াম কেলাস যেভাবে সমযোজী ঘন্থি তৈরি করে তা দেখানো হলো। সমযোজী ঘন্থির মাধ্যমে প্রতিটি পরমাণু ৪টি ইলেকট্রন প্রাপ্ত হয় এবং সুস্থির হয়।

সূতরাং দেখা যাচ্ছে যে, জার্মেনিয়াম বা সিলিকন সমযোজী ঘন্থির সাহায্যে বিশুদ্ধ কেলাস (intrinsic crystal) গঠন করে। বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম বা সিলিকন কেলাসে কোনো স্বাধীন বা মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। ফলে পরম তাপমাত্রায় এদের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা থাকে না। এই ধরনের বিশুদ্ধ কেলাসের তাপমাত্রা বাড়ালে তাপীয় উপ্তেজনায় কেলাসের পরমাণুর কিছু কিছু ঘন্থি ভেঙ্গে যায়; ফলে কিছু ইলেকট্রন মুক্ত হয় এবং তড়িৎ পরিবহন করে। এভাবে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী পদার্থ স্বল্প তড়িৎ পরিবাহকত্ব লাভ করে।

১০.২ ব্যাস্ত তত্ত্বের ধারণা

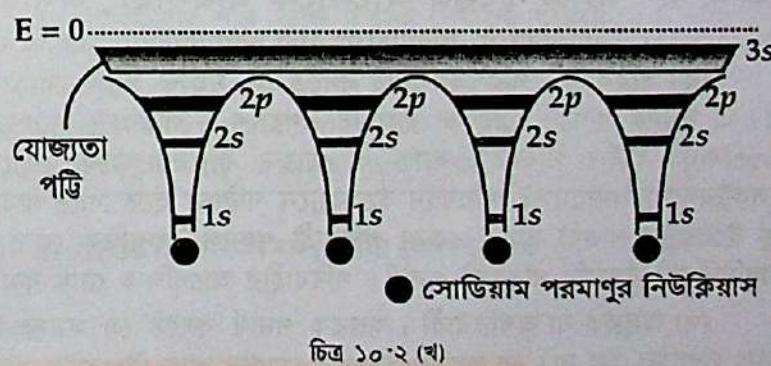
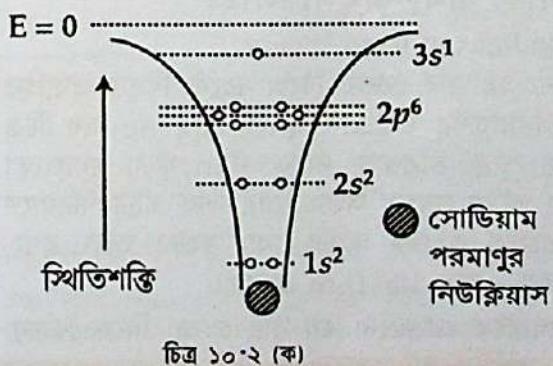
Concept of band theory

আমরা জানি, পরমাণুতে রয়েছে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন। পরমাণুর গঠন সম্পর্কীয় বোরের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণুর কেন্দ্রে রয়েছে প্রোটন এবং নিউট্রন। প্রোটনের চার্জ ধনাত্মক এবং নিউট্রনের কোনো চার্জ নেই। ঝণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রনগুলো কেন্দ্র থেকে অনেক দূরে কেন্দ্রকে পরিবেষ্টন করে বিভিন্ন নির্দিষ্ট কক্ষগথে ঘূরছে।

১০.২.১ কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যাস্ত

Energy bands in solids

কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যাস্ত আলোচনায় উদাহরণ হিসেবে আমরা সোডিয়াম (Na) মৌল ও পরমাণু বিবেচনা করতে পারি। আমরা জানি, সোডিয়াম পরমাণুতে ১১টি ইলেকট্রন রয়েছে এবং এই ইলেকট্রনগুলোর বিন্যাস হলো $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^1$ । নিউক্লিয়াস দ্বারা আকর্ষণের ফলে একটি বিভব কৃপের সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রনগুলো এই বিভব কৃপের মধ্যে বিভিন্ন শক্তিস্তরে পাউলির বর্জন নীতি অনুসরণ করে অবস্থান করে [চিত্র ১০.২(ক)]। পাউলির বর্জন নীতি অনুসারে প্রতিটি শক্তিস্তরে বিপরীত স্পিনসম্পন্ন দুটি ইলেকট্রন থাকতে পারে। সূতরাং সোডিয়াম পরমাণুর $1s$ স্তরে ২টি, $2s$ স্তরে ২টি ইলেকট্রন থাকে। $2p$ স্তরটি ৩টি উপস্তরে বিভক্ত এবং এর প্রতিটি উপস্তরে ২টি করে ইলেকট্রন থাকে; অর্থাৎ $2p$ স্তরে মোট ৬টি ইলেকট্রন থাকে এবং অবশিষ্ট ইলেকট্রনটি $3s$ স্তরে থাকে। সোডিয়াম পরমাণুর বাইরের এই স্তরটিতে অবস্থিত ইলেকট্রনকে যোজ্যতা ইলেকট্রন (Valence electron) বলা হয়। এখন কঠিন সোডিয়াম কেলাসে বহু সংখ্যক পরমাণু থাকে। এই পরমাণুর ঘন সন্নিবেশের কারণে বিভব কৃপের আকার পরিবর্তিত হয় যা চিত্র ১০.২(খ)-এ পূর্ণ রেখা দ্বারা দেখানো হয়েছে।



যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো ছাড়া অবশিষ্ট ইলেকট্রনগুলো (সোডিয়াম পরমাণুর ক্ষেত্রে ১০টি) প্রতিটি পরমাণুর নিজস্ব বিভব কৃপের মধ্যেই আবন্ধ থাকে, ফলে এদের ওপর আশেপাশের পরমাণুগুলোর প্রভাব খুব সামান্যই হয়। কিন্তু

যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো বিভব ক্রপের মধ্যে আর আবস্থা থাকে না; প্রতিটি যোজ্যতা ইলেকট্রন অন্যান্য পরমাণুর দ্বারা প্রভাবিত হয় এবং কোন ইলেকট্রনটি কোন পরমাণুর সঙ্গে সংশ্লিষ্ট তা আর নির্দিষ্ট করা সম্ভব হয় না। সুতরাং সোডিয়াম কেলাসে $3s$ শক্তিস্তরে বহুসংখ্যক ইলেকট্রন অবস্থান করে। তবে যেহেতু পাউলির বর্জন নীতি অনুসারে একটি শক্তিস্তরে ২টির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারে না, সুতরাং $3s$ শক্তিস্তরটি বহুসংখ্যক উপস্তরে বিভক্ত হয়ে যায় এবং প্রতিটি উপস্তরে সর্বাধিক ২টি বিপরীত স্পিনের ইলেকট্রন থাকে। এখন কেলাসের ভেতর খুব অল্প পরিসরে প্রায় 10^{20} সংখ্যক বা এর অধিক পরমাণু থাকে, ফলে ওই ধরনের উপস্তরের সংখ্যা এত বেশি হয় যে স্তরগুলির স্থিতিশক্তি প্রায় নিরবচ্ছিন্ন (continuous) ধরা যায়। সুতরাং উপস্তরগুলোর সমন্বয়ে $3s$ শক্তিস্তরে তৈরি হয় একটি শক্তি ব্যান্ড (energy band)। এই শক্তি ব্যান্ডকেই বলা হয় যোজ্যতা ব্যান্ড (valence band)।

শক্তি ব্যান্ড : কোনো পদার্থে বিভিন্ন পরমাণুতে কিন্তু একই কক্ষপথে আবর্তন রত ইলেকট্রনগুলোর শক্তির সামান্য তারতম্য হয়। একই কক্ষপথে অবস্থিত এই সকল ইলেকট্রনের শক্তির সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ মধ্যবর্তী পাইকাকে শক্তি ব্যান্ড বলে।

যোজন ব্যান্ড : যে ইলেকট্রনগুলো পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথে আবস্থান করে তাদেরকে যোজন ইলেকট্রন বলে। কেলাসিত কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে যোজন ইলেকট্রনগুলির শক্তি যে বিস্তৃত পাইকার মধ্যে থাকে তাকে যোজন পাইকা বা যোজন ব্যান্ড বলে। সাধারণ পরমাণুতে দূরতম কক্ষপথে অবস্থিত ইলেকট্রনের শক্তি সর্বোচ্চ। এই ব্যান্ড পূর্ণ বা আংশিক পূর্ণ থাকতে পারে। কেবলমাত্র নিম্নলিখিত গ্যাসের ক্ষেত্রে যোজন ব্যান্ড পূর্ণ থাকে।

যদিও যোজ্যতা ইলেকট্রন প্রতিটি নিজ পরমাণুর প্রভাব থেকে বাইরে চলে আসে; কিন্তু এগুলো সম্পূর্ণ মুক্ত নয়। অন্যান্য পরমাণুসমষ্টির প্রভাবের মধ্যে থেকে যায়। ফলে তড়িৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে না। তবে বাহিরে থেকে শক্তি অর্জন করে যোজ্যতা ইলেকট্রন অন্যান্য পরমাণুর প্রভাব থেকে মুক্ত হয়ে বাহিরে চলে যেতে পারে এবং সেটি পরিবহন ইলেকট্রনে পরিণত হয়। এই পরিবহন ইলেকট্রন তড়িৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে। এখন অনেকগুলো যোজ্যতা ইলেকট্রন এক সঙ্গে শক্তি অর্জন করে পরিবহন ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে। এই মুক্ত ইলেকট্রনগুলো একটি মাত্র স্তরে না থেকে একটি শক্তি ব্যান্ডে অবস্থান করে। এই শক্তি ব্যান্ডকেই বলা হয় পরিবহন ব্যান্ড (conduction band)। যোজ্যতা ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মাঝখানের অঞ্চলে কোনো ইলেকট্রন থাকতে পারে না। এই অঞ্চলকে নিম্নলিখিত অঞ্চল (forbidden region) বলে এবং এই দুটি শক্তি ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধানকে নিম্নলিখিত শক্তি ব্যবধান (forbidden energy gap) বলা হয়।

পরিবহন ব্যান্ড : পরমাণুতে অবস্থিত মুক্ত যোজন ইলেকট্রন বিদ্যুৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে ফলে এদেরকে পরিবহন ইলেকট্রন বলে। এই ইলেকট্রনগুলোর শক্তির পাইকা বা ব্যান্ডকে পরিবহন ব্যান্ড বলে।

পরিবহন ব্যান্ডের সকল ইলেকট্রনই মুক্ত ইলেকট্রন। যদি কোনো বস্তুতে পরিবহন ব্যান্ড ফাঁকা থাকে তাহলে সেই বস্তুতে তড়িৎ পরিবহন করা সম্ভব হয় না। অন্তরকে পরিবহন ব্যান্ড সম্পূর্ণ ফাঁকা থাকে আর যোজন ব্যান্ড আংশিক পূর্ণ থাকে। ধাতব পদার্থে যোজন ইলেকট্রনগুলো নিউক্লিয়াসের সাথে শিথিলভাবে যুক্ত থাকে। সাধারণ তাপমাত্রায় এই সকল ইলেকট্রন নিউক্লিয়াসের আকর্ষণ থেকে মুক্ত হয়ে যেতে পারে। এই মুক্ত ইলেকট্রনই পরিবাহীতে বিদ্যুৎ পরিবহন করে।

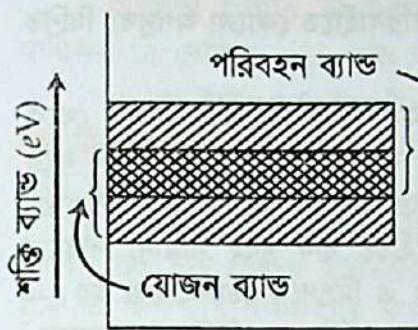
নিম্নলিখিত শক্তি ব্যান্ড : যোজন ব্যান্ড এবং পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তির পাইকাই হলো নিম্নলিখিত শক্তি ব্যান্ড। এই নিম্নলিখিত শক্তি অঞ্চলে কোনো অনুমোদিত শক্তি স্তর না থাকায় এই অঞ্চলে কোনো ইলেকট্রন থাকতে পারে না। কেলাসের মধ্যে কোনো ইলেকট্রনকে যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে তুলতে হলো ইলেকট্রনকে সর্বনিম্ন যে শক্তি সরবরাহ করতে হয় তা নিম্নলিখিত শক্তি ব্যান্ডের শক্তির সমান।

১০.২.২ ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী Conductor, insulator and semiconductor in the light of band theory

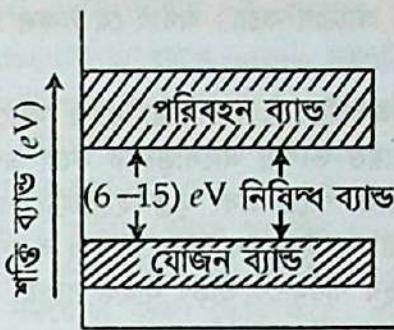
(ক) **পরিবাহী :** পরিবাহী পদার্থ বলতে সে সমস্ত পদার্থ বোঝানো হয় যার ভেতর দিয়ে সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এ সমস্ত পদার্থে যোজ্যতা ব্যান্ডের ওপরাংশ ও পরিবহন ব্যান্ডের নিয়ন্ত্রণের উপরিপাত (overlapping) হয় [চিত্র ১০.৩(ক)]। অর্থাৎ পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যে কোনো শক্তি ব্যবধান থাকে না। ফলে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো অনাবাসেই পরিবহন ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহে অংশগ্রহণের জন্য প্রচুর পরিমাণে মুক্ত ইলেকট্রন পাওয়া যায়। এজন্য পরিবাহী পদার্থে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করলেই তড়িৎ প্রবাহ ঘটে। তামা, বৃপ্তা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি পরিবাহী পদার্থ। পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ কম হয়—প্রায় $10^{-3} \Omega\text{-m}$ ক্রমের।

(খ) **অন্তরক বা অপরিবাহী :** অন্তরক পদার্থ বলতে সে সমস্ত পদার্থকে বোঝানো হয় যার ভেতর দিয়ে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। যে সমস্ত পদার্থের যোজন ব্যান্ড ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক পূর্ণ থাকে এবং পরিবহন ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি থাকে; এছাড়া যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির ব্যবধান খুব বেশি হয়, সেগুলোকে অন্তরক বলে। অন্তরকে শক্তি ব্যবধান 6 eV থেকে 15 eV -এর মতো হয় [চিত্র ১০.৩(খ)]। তাপমাত্রা অনেক বৃদ্ধি পেলে কিছু ইলেকট্রন

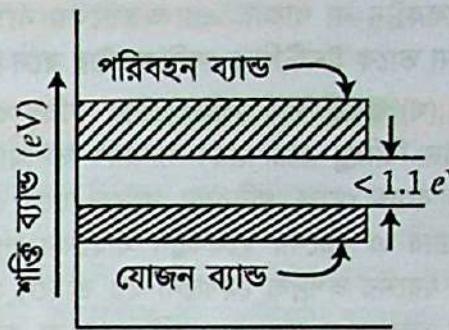
যথেষ্ট শক্তি সম্মত করে পরিবহন ব্যাডে যেতে পারে এবং তড়িৎ প্রবাহে অংশগ্রহণ করে। তবে এ ধরনের ইলেকট্রনের সংখ্যা খুবই নগণ্য। কাচ, প্লাস্টিক, কাঠ ইত্যাদি অন্তরক পদার্থ। অপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ অনেক বেশি—প্রায় 10^{12} $\Omega\text{-m}$ ক্রমের।



(ক) পরিবাহী



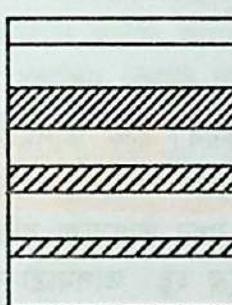
(খ) অন্তরক



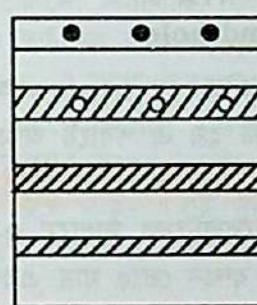
(গ) অর্ধপরিবাহী

চিত্র ১০.৩

(গ) অর্ধপরিবাহী : অর্ধপরিবাহী বস্তুর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অন্তরক ও পরিবাহীর মাঝামাঝি। এদের আপেক্ষিক রোধ $10^{-4} \Omega\text{-m}$ ক্রমের। জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি অর্ধপরিবাহী পদার্থ। শক্তি ব্যাডের আলোকে বলা যায় যে এ সমস্ত পদার্থের যোজন ব্যাড ও পরিবহন ব্যাডের মধ্যে শক্তির পার্থক্য অন্তরকের চেয়ে অনেক কম থাকে [চিত্র ১০.৩ (গ)]। সাধারণত পার্থক্য 1 eV মানের বা তার কিছু কম-বেশি হয়। জার্মেনিয়াম ও সিলিকন মৌলের ক্ষেত্রে এই মান যথাক্রমে 0.7 eV এবং 1.1 eV । এই কারণে ওই দুটি পদার্থ উভয় অর্ধপরিবাহী। কক্ষ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীর (i) আণশিক পূর্ণ পরিবহন ব্যাড ও (ii) আণশিক পূর্ণ যোজন ব্যাড থাকে। পরম তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীর পরিবহন ব্যাড সম্পূর্ণ থালি এবং যোজন ব্যাড সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে। ফলে অর্ধপরিবাহীতে অন্ন পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করলেই ইলেকট্রনগুলো যোজন ব্যাড থেকে পরিবহন ব্যাডে স্থানান্তরিত হয়। পরম তাপমাত্রায় সিলিকন বা জার্মেনিয়াম আদর্শ অন্তরক। ফলে কোনো ইলেকট্রন পরিবহন ব্যাডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে অর্ধপরিবাহক এই তাপমাত্রায় পুরোপুরি অপরিবাহী পদার্থের ন্যায় আচরণ করে। অর্ধপরিবাহীতে তাপমাত্রা



(ক) পরম তাপমাত্রায়



(খ) কক্ষ তাপমাত্রায়

চিত্র ১০.৪

প্রয়োগ করলে কিছু সংখ্যাক সময়োজী অনুবন্ধক তেজে গিয়ে কিছু সংখ্যাক যোজন ইলেকট্রন পরিবহন ব্যাডে যাওয়ার শক্তি অর্জন করে এবং মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হয়। একটি যোজন ইলেকট্রন যখনই পরিবহন ব্যাডে প্রবেশ করে তখনই যোজন ব্যাডে ওই অবস্থানে একটি শূন্যতার সৃষ্টি হয়, একে হোল বলে। এর কার্যকর আধান $+e$ । এটি কোনো বাস্তব কণা নয়। চিত্র ১০.৪-এ সিলিকন কেলাসের পরম তাপমাত্রা ও কক্ষ তাপমাত্রার শক্তি ব্যাড অবস্থা দেখানো হয়েছে।

- জানা দরকার :**
- ১। সাধারণ তাপমাত্রায় উভয় পরিবাহীতে মুক্ত ইলেকট্রন ঘনত্ব, $n = 10^{28} \text{ m}^{-3}$ (প্রায়)
 - ২। সাধারণ তাপমাত্রায় অন্তরক পদার্থে মুক্ত ইলেকট্রন ঘনত্ব, $n = 10^7 \text{ m}^{-3}$ (প্রায়)
 - ৩। সাধারণ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহী পদার্থে মুক্ত ইলেকট্রন ঘনত্ব, $n = 10^{16} \text{ m}^{-3}$ (প্রায়)

১০.৩ ইন্ট্রিনসিক (স্বকীয় বা বিশুদ্ধ) ও এক্সট্রিনসিক(বহিঃজাত বা অবিশুদ্ধ) সেমিকন্ডাক্টর

Intrinsic and extrinsic semiconductors

অর্ধপরিবাহী পদার্থকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

- (ক) ইন্ট্রিনসিক (Intrinsic) সেমিকন্ডাক্টর বা স্বকীয় বা বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী (খ) এক্সট্রিনসিক (Extrinsic) সেমিকন্ডাক্টর বা বহিঃজাত বা অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী।

(ক) ইন্ট্রিসিক সেমিরিভাইটের : পূর্বেই বলা হয়েছে যে জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের বাইরের কক্ষে ৪টি যোজন ইলেক্ট্রন থাকা সত্ত্বেও প্রতিবেশী পরমাণুর সঙ্গে ইলেক্ট্রন ভাগাভাগি করে সময়েজী বন্ধনের সাহায্যে বিশুদ্ধ কেলাস (Intrinsic crystal) গঠন করে। এগুলোকে বলে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী। নিম্ন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে কোনো মুক্ত ইলেক্ট্রন না থাকায় এরা অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে। অর্থাৎ যে সকল অর্ধপরিবাহীতে কোনো অপন্দ্রব্য মিশ্রিত থাকে না তাকে ইন্ট্রিসিক সেমিরিভাইটের বলে।

(খ) এক্স্ট্রিসিক সেমিরিভাইটের : বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কিছু কিছু সময়েজী বন্ধন থেকে ইলেক্ট্রন বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। সাধারণ তাপমাত্রায় তাপীয় আলোড়নের ফলে এগুলো যথেষ্ট পরিমাণ শক্তি অর্জন করে যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যেতে পারে এবং মুক্ত ইলেক্ট্রনের ন্যায় আচরণ করে। তবে সাধারণ তাপমাত্রায় এ ধরনের ইলেক্ট্রন বাহকের সংখ্যা খুবই কম। কিছু বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে যদি খুবই সামান্য পরিমাণ বিশেষ ধরনের অপন্দ্রব্য মেশানো হয় তাহলে প্রচুর পরিমাণে তড়িৎ বাহক পাওয়া যায়। এ মিশ্রণকে ডোপিং বলা হয়। এ ধরনের কেলাসকে বলা হয় বিঃজ্ঞাত বা অবিশুদ্ধ কেলাস (Extrinsic crystal)। জার্মেনিয়াম, সিলিকন কেলাসে, এন্টিমনি, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক ইত্যাদি অপন্দ্রব্য মিশ্রিয়ে ডোপিং করা হয়। যোজন ব্যান্ড এবং পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি ব্যবধান অনেক কমে আসে। ফলে কেলাসে আধান বাহকের সংখ্যা অনেক বেড়ে যায়। এ ধরনের কেলাসের পরিবাহিতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ যে প্রক্রিয়া বা পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে সামান্য পরিমাণ অপন্দ্রব্য মিশ্রিত করে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি করা হয়, তাকে ডোপিং বলে। মিশ্রিত অপন্দ্রব্যকে বলা হয় **ডোপ্যান্ট (Dopant)**। ত্রিয়োজী মৌল যেমন অ্যালুমিনিয়াম (Al), বোরন (B), ইন্ডিয়াম (In) অথবা পঞ্চয়োজী মৌল যেমন ফসফরাস (P), **আর্সেনিক (As)**, বিসমাথ (Bi)-কে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে ডোপিং করে এক্স্ট্রিসিক সেমিরিভাইটের তৈরি করা হয়।

DAT: 10-11

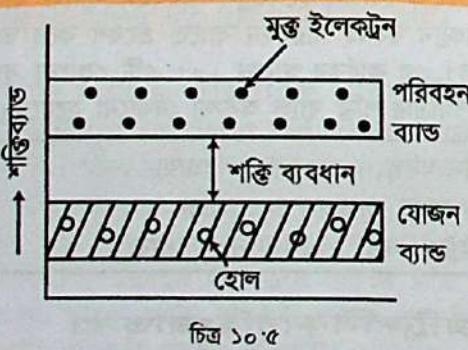
কাজ: একটি অবিশুদ্ধ (extrinsic) অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা কীসের ওপর নির্ভর করে ?

একটি অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে অসম সংখ্যক ইলেক্ট্রন ও হোলের ওপর তড়িৎ পরিবাহিতা নির্ভর করে।

১০.৪ ইলেক্ট্রন ও হোলের ধারণা

Concept about electron and hole

আমরা সহজাত (Intrinsic) এবং বহির্জাত (Extrinsic) অর্ধপরিবাহী কী তা জেনেছি পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে। অর্ধপরিবাহীতে কীভাবে ইলেক্ট্রন ও হোল সৃষ্টি হয় এ পর্যায়ে আমরা তা আলোচনা করব। কক্ষ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে হোল ইলেক্ট্রন জোড় সৃষ্টি হয়। যখন অর্ধপরিবাহীতে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করা হয় তখন এর মধ্যে দুভাবে কারেন্ট প্রবাহ সম্পন্ন হয়। যেমন মুক্ত ইলেক্ট্রনের আধ্যমে ও হোলের মাধ্যমে। যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয় তখন তাপশক্তির কারণে কিছু সংখ্যক সময়েজী বন্ধন ভেঙে যায় এবং কিছু ইলেক্ট্রন মুক্ত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে কিছু সংখ্যক যোজন ইলেক্ট্রন পরিবহন ব্যান্ডে প্রবেশ করে এবং মুক্ত ইলেক্ট্রনে পরিণত হয়। যখনই একটি যোজন ইলেক্ট্রন পরিবহন ব্যান্ডে প্রবেশ করে তখনই যোজন ব্যান্ডে একটি শূন্যস্থান বা হোলের সৃষ্টি হয়। বিভব পার্থক্য বা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের প্রভাবে অর্ধপরিবাহীতে ইলেক্ট্রন ও হোল উভয়ের প্রবাহ উৎপন্ন হয়।



অন্যভাবে বলা যায় পরিবহন ব্যান্ডে ইলেক্ট্রনের গমনের কারণে যোজন ব্যান্ডে সৃষ্টি হয় পজেটিভ চার্জযুক্ত হোল। পরম শূন্য তাপমাত্রার উপরে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র প্রয়োগ করা হলে পরিবহন ইলেক্ট্রন অ্যানোডের দিকে এবং হোলগুলো ক্যাথোডের দিকে ধাবিত হয়। তাই বলা যায় অর্ধপরিবাহী প্রবাহ হলো পরিবহন ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যে যথাক্রমে ইলেক্ট্রন ও হোলের পরস্পরের বিপরীত দিকে চালিত হওয়া।

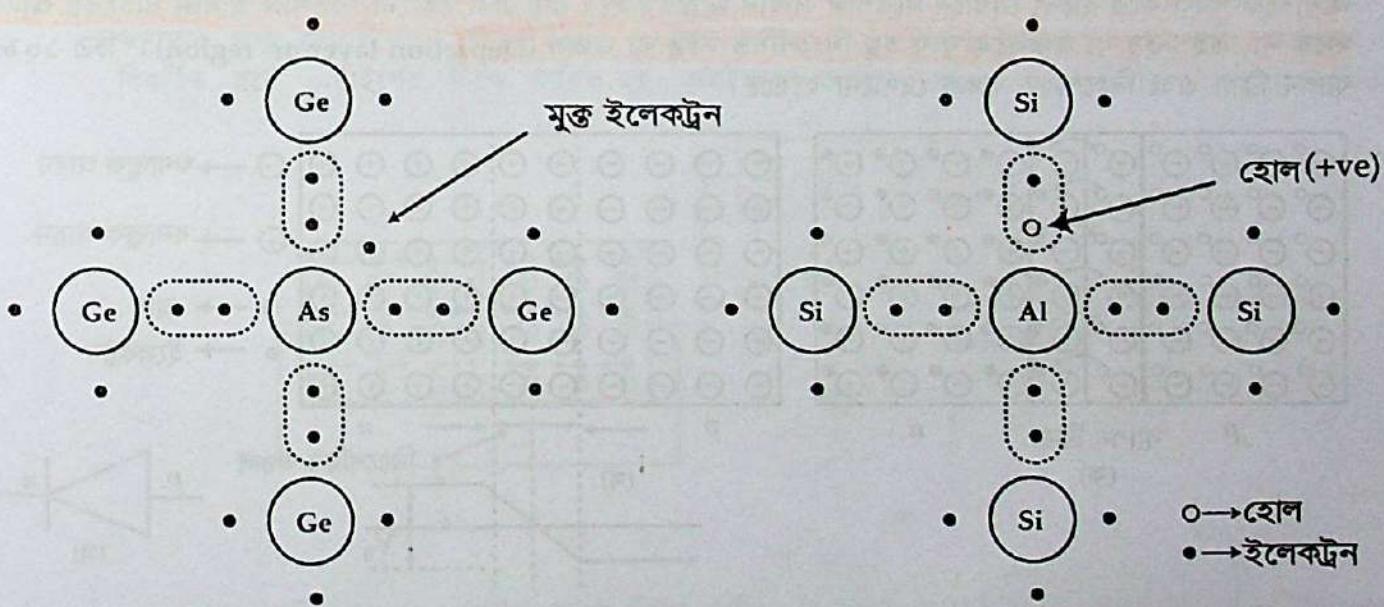
আমাদের সবচেয়ে পরিচিত বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী হলো জার্মেনিয়াম (Ge) ও সিলিকন (Si)। এদের যোজন ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান 0.72 eV এবং 1.1 eV । কক্ষ তাপমাত্রায় কিছু সংখ্যক ইলেক্ট্রন এই ক্ষেত্র শক্তি ব্যবধান অতিক্রম করে যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে গমন করে। ফলে যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডে সমসংখ্যক হোল ও ইলেক্ট্রনের উভয়ের ঘটে [চিত্র ১০.৫]। এই ঘটনাকে হোল-ইলেক্ট্রন জোড় সৃষ্টি বলে।

১০.৫ এন-টাইপ ও পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর বা অর্ধপরিবাহী *n-type and p-type semiconductors*

অবিশুদ্ধ কেলাস বা অর্ধপরিবাহী পদার্থ আবার দুই রকমের, যথা *n*-টাইপ ও *p*-টাইপ। Negative শব্দের আদ্যক্ষর ‘*n*’ থেকে *n*-type এবং Positive এর ‘*p*’ থেকে *p*-type অর্ধপরিবাহীর নামকরণ করা হয়েছে।

(i) এন-টাইপ অর্ধপরিবাহী : জার্মেনিয়াম বা সিলিকন অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে পঞ্চয়োজী মৌল মিশিয়ে *n*-টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয়। পঞ্চয়োজী এন্টিমনি বা আর্সেনিক বিশেষ প্রক্রিয়ায় উচ্চতাপে মেশানো হয়। মেশানোর সময় অপদ্রব্যের পরিমাণ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যেন এর পরমাণুগুলো জার্মেনিয়াম বা সিলিকন কেলাসের মূল কাঠামোর (structure) কোনো পরিবর্তন না ঘটিয়ে কেলাস জাফরির (crystal lattice) অন্তর্ভুক্ত হয়ে যায়। এন্টিমনি বা আর্সেনিকের 5টি যোজন ইলেকট্রনের 4টি জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের 4টি যোজন (valence) ইলেকট্রনের অংশীদার হয়ে বা পাশাপাশি অবস্থানের মাধ্যমে সময়োজী বন্ধন তৈরি করে। প্রতিটি আর্সেনিক বা এন্টিমনি পরমাণুর একটি ইলেকট্রন উদ্বৃত্ত থাকে এবং ওই ইলেকট্রন কেলাসের মধ্যে স্বাধীনভাবে ঘুরে বেড়াতে পারে [চিত্র ১০.৬]। সুতরাং দেখা যাচ্ছে প্রতিটি অপদ্রব্য পরমাণু একটি করে মুক্ত ইলেকট্রন দান করে। তাই অপদ্রব্য পরমাণুকে এক্ষেত্রে দাতা (donor) পরমাণু বলা হয়। এছাড়া তাপীয় উত্তেজনার জন্য কিছু বন্ধন ভেঙ্গে সমসংখ্যক ইলেকট্রন ও হোল তৈরি হয়। সুতরাং *n*-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন ও হোল উভয়েরই উপস্থিতি থাকে। কিন্তু ইলেকট্রনের সংখ্যা হোলের তুলনায় বহুগুণ বেশি থাকে। এভাবে গঠিত কেলাসে প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে প্রায় 10^{17} সংখ্যক স্বাধীন ইলেকট্রন থাকে। তড়িৎ পরিবহন ঝনাত্মক ইলেকট্রনই মুখ্য ভূমিকা পালন করে বলে এগুলোকে ‘সংখ্যাগুরু বা গরিষ্ঠ বাহক’ (majority carrier) বলে। ধনাত্মক হোল তড়িৎ পরিবহনে গৌণ ভূমিকা পালন করে এবং এগুলোকে ‘সংখ্যালঘু বা লঘিষ্ঠ বাহক’ (minority carrier) বলা হয়।

(ii) পি-টাইপ অর্ধপরিবাহী : বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের সঙ্গে 3 যোজী মৌল যেমন গ্যালিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি অপদ্রব্য সামান্য পরিমাণে নিয়ন্ত্রিতভাবে মেশানো হলে *p*-টাইপ কেলাস তৈরি করা যায়। অ্যালুমিনিয়ামের যেহেতু তিনটি যোজনী ইলেকট্রন রয়েছে, এই পরমাণু তার চারপাশের জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর তিনটি যোজন (valence) ইলেকট্রনের সঙ্গে সময়োজী বন্ধন তৈরি করে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর চতুর্থ ইলেকট্রন কোনো সময়োজী বন্ধন তৈরি করে না। কারণ অ্যালুমিনিয়ামের একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি রয়েছে। ইলেকট্রনের এ ঘাটতির জন্য অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুতে একটি হোলের সৃষ্টি হবে [চিত্র ১০.৭]। সুতরাং কেলাস জাফরির (crystal lattice) মধ্যে প্রত্যেক অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুতে একটি করে হোলের সৃষ্টি হবে এবং এভাবে সৃষ্টি হোলগুলো ইলেকট্রন গ্রহণে উদ্বৃত্তির থাকবে। এজন্য অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুকে ‘গ্রহীতা’ (Acceptor) পরমাণু বলা হয়। ধনাত্মক তড়িৎধর্মী হোলের সংখ্যা তাপীয় উত্তেজনায় সৃষ্টি ইলেকট্রনের তুলনায় অনেক গুণ বেশি থাকে। সুতরাং *p*-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে ধনাত্মক তড়িতাধানই মুখ্য ভূমিকা পালন করে। অর্থাৎ হোলই এক্ষেত্রে ‘সংখ্যাগুরু বাহক’ (majority carrier) এবং ইলেকট্রন ‘সংখ্যালঘু বাহক’ (minority carrier)।

চিত্র ১০.৬ : *n*-টাইপ অর্ধপরিবাহী।চিত্র ১০.৭ : *p*-টাইপ অর্ধপরিবাহী।

ওপরের *n*-টাইপ ও *p*-টাইপ অর্ধপরিবাহীর আলোচনা থেকে জানা যায় যে বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম বা সিলিকন অর্ধপরিবাহী কোন ধরনের কেলাসে পরিণত হবে তা নির্ভর করবে অপদ্রব্যের যোজন ইলেকট্রন সংখ্যার ওপর। বিশুদ্ধ

অৰ্ধপরিবাহীৰ যোজন ইলেকট্ৰনেৰ চেয়ে অপন্ত্ৰেৰ যোজন ইলেকট্ৰন সংখ্যা বেশি হলে n -টাইপ কেলাস এবং কম হলে p -টাইপ কেলাস তৈৰি হবে। তবে n -টাইপ বা p -টাইপ কেলাসেৰ কোনোটাই কিন্তু তড়িতাহিত হয় না। কাৰণ n -টাইপ কেলাসেৰ অতিৱিষ্ণু ইলেকট্ৰনেৰ ঝণাত্মক আধান আৰ্সেনিক পৰমাণুৰ নিউক্লিয়াসেৰ ধনাত্মক আধান দ্বাৰা প্ৰশংসিত হয়। আবাৰ p -টাইপেৰ সৃষ্টি হোলেৰ ধনাত্মক আধান জার্মেনিয়াম, সিলিকন পৰমাণুৰ ঝণাত্মক আধানেৰ দ্বাৰা নিষ্ক্ৰিয় হয়। অৰ্ধাৎ, n - এবং p -টাইপ পদাৰ্থ বস্তুতপক্ষে তড়িৎ নিৰপেক্ষ।

কাজ : সমান ৱোধেৰ দুটি দণ্ড তোমাকে দেওয়া হলো। এৱ একটি অৰ্ধপরিবাহী এবং অপৱাটি পৰিবাহী। পৰীক্ষা দ্বাৰা কীভাৱে তুমি চিহ্নিত কৰতে পাৱবে ?

আমৱা জানি, তাপমাত্ৰা বাড়ালে পৰিবাহীৰ ৱোধ বাড়ে এবং অৰ্ধপরিবাহীৰ ৱোধ কমে। সুতৰাং, তাপমাত্ৰা বৃদ্ধি কৰে দণ্ড দুটিকে পৱপৱ একই তড়িৎ উৎসেৰ সঙ্গে যুক্ত কৰলে যেটিৰ মধ্য দিয়ে প্ৰবাহমাত্ৰা বৃদ্ধি হবে সেটি অৰ্ধপরিবাহী দণ্ড এবং অন্যটি পৰিবাহী দণ্ড হিসেবে চিহ্নিত হবে।

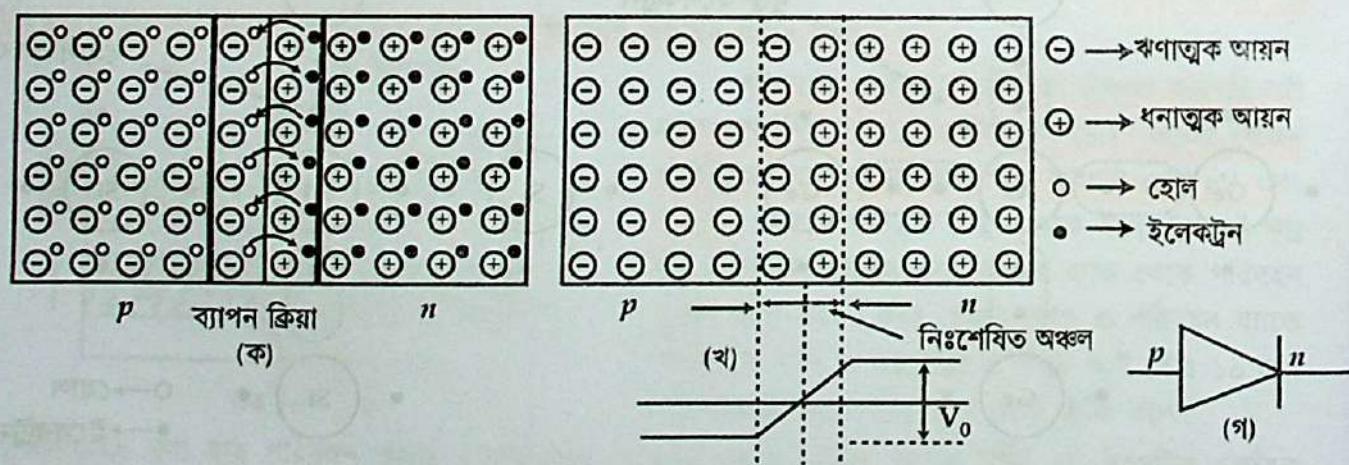
১০.৬ জাংশন ডায়োড : গঠন ও কাৰ্যক্রম Junction diode : construction and working principle

১০.৬.১ গঠন Construction

একটি p -টাইপ ও একটি n -টাইপ অৰ্ধপরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাবীনে সংযুক্ত কৰলে সংযোগ পৃষ্ঠাকে $p-n$ জাংশন বলে। একটি বিশুল্দ অৰ্ধপরিবাহী কেলাসেৰ এক অৰ্ধাংশ p -টাইপ অৰ্ধপরিবাহী এবং অপৱ অৰ্ধাংশকে n -টাইপ অৰ্ধপরিবাহী উচ্চতাপে সুনিয়ন্ত্ৰিত পদ্ধতিতে মিশিয়ে $p-n$ জাংশন তৈৰি কৰা হয়।

$p-n$ জাংশনেৰ যে পাশে p -টাইপ অঞ্চল সেখানে সংযোগ বাহক হোল এবং যে পাশে n -টাইপ অঞ্চল সেখানে ইলেকট্ৰনেৰ আধিক্য অনেক বেশি। যখন n -টাইপ অঞ্চল এবং p -টাইপ অঞ্চল যুক্ত হয় তখন n -এৰ ইলেকট্ৰনগুলো p -এৰ হোল দ্বাৰা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন কৰিয়া মাধ্যমে জাংশনেৰ দিকে ছুটে যায়। একইভাৱে p -অঞ্চলেৰ হোলগুলো n -এৰ ইলেকট্ৰন দ্বাৰা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপনেৰ মাধ্যমে সংযোগস্থলেৰ দিকে ছুটে যায় [চিত্ৰ ১০.৮(ক)]। $p-n$ জাংশনস্থলে ইলেকট্ৰন ও হোল পৰমাণু মিলিত হয়ে নিৰপেক্ষ হয়ে যায়। n -টাইপেৰ যে পৰমাণু থেকে ইলেকট্ৰন জাংশনেৰ দিকে ছুটে যায় সেটি ধনাত্মক আয়নে এবং p -অঞ্চলেৰ যে পৰমাণু থেকে হোল ছুটে আসে সেটি ঝণাত্মক আয়নে বৃপ্তান্তৰিত হয় [চিত্ৰ ১০.৮(খ)]। $p-n$ জাংশন ডায়োডেৰ সাংকেতিক চিত্ৰ ১০.৮(গ)-এ দেখানো হলো।

এখন p -অঞ্চল থেকে ছুটে আসা হোল ধনাত্মক আয়ন এবং n -অঞ্চল থেকে আসা ইলেকট্ৰন ঝণাত্মক আয়ন দ্বাৰা বিকৰ্ষিত হয়। এভাৱে সংযোগস্থলে একটি পাতলা পৰ্দাৰ মতো নিঃশেষিত অঞ্চল বা স্তৱ সৃষ্টি হয়। এ অঞ্চল বা স্তৱেৰ বেধ সাধাৱণত 10^{-6} m থেকে 10^{-8} m হয়। $p-n$ সংযোগেৰ দুই পাশে যে সুৰ স্তৱ ধনাত্মক ও ঝণাত্মক আধানকে পৃথক কৰে রাখে, যেখানে গতিশীল আধান নিঃশেষ হয়ে যায় এবং কোনো গতিশীল আধান বাহকেৰ অস্তিত্ব থাকে না, ওই স্তৱ বা অঞ্চলকে বলা হয় নিঃশেষিত স্তৱ বা অঞ্চল (Depletion layer or region)। চিত্ৰ ১০.৮-এ ব্যাপন কৰিয়া এবং নিঃশেষিত অঞ্চল দেখানো হয়েছে।



চিত্ৰ ১০.৮

এই নিঃশেষিত অঞ্চলকে জাংশন প্ৰাচীৰ (Junction barrier) বলা হয়। এই জাংশনে সামান্য পৰিমাণ অভ্যন্তৱীণ বিভব পাৰ্থক্য সৃষ্টি হয়। ফলে এই অঞ্চলকে অনেক সময় বিভব পাৰ্থক্য অঞ্চল বা বিভব পাৰ্থক্য প্ৰাচীৰ বলে। এৱ মান সাধাৱণত ০.১ থেকে ০.৩ V। চিত্ৰ ১০.৮(খ) থেকে এটা পৰিক্ষাৰ যে বিভব পাৰ্থক্য প্ৰাচীৰ V_0 বিদ্যুৎ ক্ষেত্ৰ সৃষ্টি

করে যা সংখ্যাগুরু বাহককে নিজ নিজ অঞ্চল থেকে প্রাচীর অতিক্রমে বাধা প্রদান করে। p-n অর্ধপরিবাহী কেলাস এভাবে সংযুক্ত হয়ে 'জাংশন ডায়োড' (সংক্ষেপে 'ডায়োড') তৈরি করে। তড়িৎ প্রবাহ একমুখীকরণ এবং অন্যান্য অনেক ইলেক্ট্রনিক ডিভাইস তৈরিতে ডায়োড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

জাংশনের তেতুর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ কোনো একদিকে খুব সহজেই যেতে পারে। কিন্তু উচ্চতর বহিঃভোটেজ প্রয়োগ ছাড়া বিপরীত দিকে যেতে পারে না। এ বিষয়ে পরবর্তীতে আমরা জানব।

জেনে রাখ : ডায়োড কি কেবল রেকটিফায়ার বর্তনীতে বা AC কে DC করার কাজে ব্যবহৃত হয় না অন্য কোথাও ব্যবহার করা হয় ?

DAT-18-9

আমাদের দৈনন্দিন জীবনে **টিভি** টেলিফোন, কম্পিউটার, মোবাইল ফোন ইত্যাদি সামাজিক ব্যবহারিক উপাদানে ডায়োড ব্যবহৃত হয়। এছাড়া AC কে DC করাসহ বেতার ও টিভির মধ্যে সিগন্যাল ডিটেক্টর হিসেবে **ডায়োড** ব্যবহৃত হয়।

MAMAT-20-21

কাজ : ডোপিং করলে অর্ধপরিবাহীর পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায় কেন ?

বিশুল্য অর্ধপরিবাহীতে সুবিধাজনক অপদ্রব্য অতি সামান্য পরিমাণে নিরান্তিমভাবে মেশানোর প্রক্রিয়াকে **ডোপিং** বলে। ডোপিং এর ফলে অর্ধপরিবাহীর পরিবহন ধর্ম বেড়ে যায়। কারণ অর্ধপরিবাহী কেলাসে তখন মুক্ত ইলেক্ট্রন সংখ্যা বা হোল সংখ্যা অনেক বৃদ্ধি পায়।

DAT
17-18

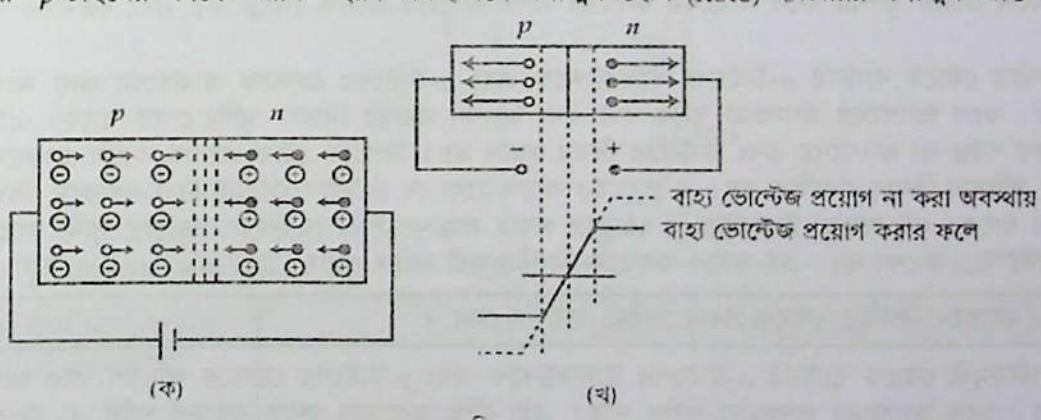
৩০.৬.২ কার্যক্রম

Working process

বাইরে থেকে p-n-জাংশন বরাবর দৃতভাবে বিভব পার্শ্বক্য প্রয়োগ করা যেতে পারে। যথা—**সম্মুখবর্তী ঝৌক বা ফরোয়ার্ড বায়াস ও বিপরীত ঝৌক বা রিভার্স বায়াস প্রয়োগ**

ক. সম্মুখবর্তী ঝৌক বা ফরোয়ার্ড বায়াস প্রয়োগ

যখন জাংশনে গ্রেনভাবে বহিঃভোটেজ প্রয়োগ করা হয় যাতে এটি বিভব প্রাচীর হাস করে তড়িৎ প্রবাহ চালু করে তখন একে সম্মুখবর্তী ঝৌক প্রয়োগ (forward biasing) বুঝায়। সম্মুখবর্তী ঝৌক প্রয়োগের ফলে ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপের প্রাত্তের সঙ্গে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ প্রাত্তের সঙ্গে সংযোগ দেয়া হয়। চিত্র ১০.৯(ক) ও ১০.৯(খ)-এ সম্মুখবর্তী ঝৌক প্রয়োগ এবং এর ফলে বিভব প্রাচীরের হাস দেখানো হয়েছে। প্রযুক্ত সম্মুখবর্তী বিভব বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে যা বিভব প্রাচীরের বৈদ্যুতিক ফেল্ডের বিপরীতে কাজ করে। সুতরাং লক্ষ্য ক্ষেত্র কমে যায় এবং প্রাচীরের উচ্চতা বা বিস্তার হাস পায়। যেহেতু বিভব প্রাচীর ভোটেজের মান খুবই কম (0.1 থেকে 0.3 V), সুতরাং সামান্য সম্মুখবর্তী ভোটেজ প্রয়োগ করলে বিভব প্রাচীরের প্রশস্ততা হাস পায়। ফলে জাংশনে বাধা দূরীভূত হয় এবং তড়িৎ প্রবাহ শুরু হয়। সম্মুখ ঝৌকে ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ বস্তুর সাথে যুক্ত হওয়ায় ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত ইলেক্ট্রনগুলোকে বামে অর্ধাংশ p-টাইপ বস্তুর দিকে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপের সাথে সংযুক্ত হওয়ায় ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হোলগুলোকে ডানে অর্ধাংশ n-টাইপ বস্তুর দিকে টানবে। ইলেক্ট্রন ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে p-টাইপের দিকে ধাবিত হয়। একইভাবে ধনাত্মক হোল (hole) ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত দ্বারা বিকর্ষিত



হয়ে জাংশন অতিক্রম করে n-টাইপ বস্তুর দিকে ধাবিত হয়। জাংশনে ইলেক্ট্রন হোল পূর্ণ হয়। ইতোমধ্যে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে ইলেক্ট্রনের নতুন সরবরাহ প্রদান করতে থাকে এবং ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ অর্ধপরিবাহী হতে ইলেক্ট্রন টেনে নিয়ে নতুন হোল তৈরি করে। ফলে অবিরাম চার্জ তথা বিদ্যুৎ প্রবাহ চলতে থাকে। এই প্রবাহের মান mA মানের হয়। এই তড়িৎ প্রবাহকে 'সম্মুখবর্তী তড়িৎ প্রবাহ' (Forward current) বলে।

অনুসন্ধান I : সম্মুখ বায়াসের সময় নিঃশেষিত অঞ্চলে কী ঘটে?

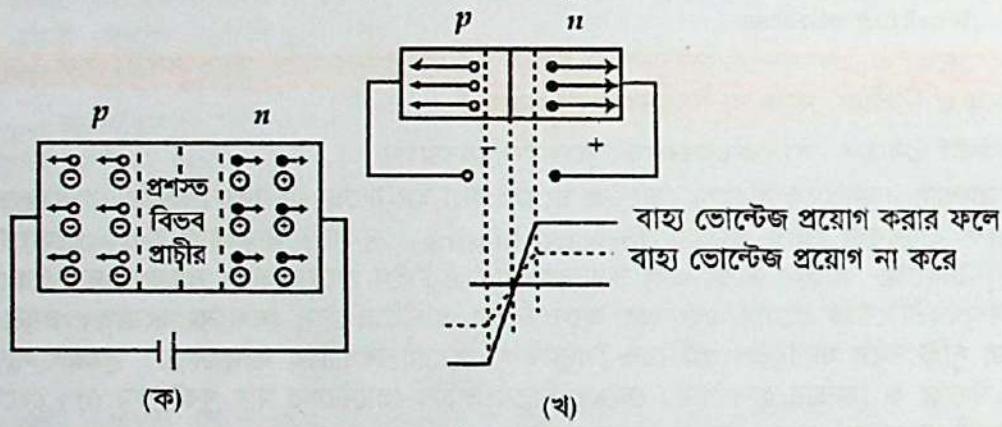
যখন সংযোগটি সম্মুখ বায়াসে থাকে তখন আধান বাহকদের সংখ্যাগুরু অঞ্চল থেকে সংখ্যালঘু অঞ্চলে ব্যাপন হয়—ইলেক্ট্রন হোলের দিকে ব্যাপিত হয়। সুতরাং হোল ও ইলেক্ট্রনগুলি নিঃশেষিত অঞ্চলের কাছাকাছি কোথাও মিলিত হয়। ফলে নিঃশেষিত অঞ্চল ক্ষীণ হতে থাকে ও নী-ভোল্টেজের (Knee voltage) বেশি ভোল্টেজের অঞ্চলে প্রায় নিঃশেষিত হয়ে যায়।

সম্মুখবর্তী বায়াসের বৈশিষ্ট্য

- ১। জাংশন ডায়োডের অভ্যন্তরে উভয় প্রকার সংখ্যাগুরু বাহকের দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়; কিন্তু বহিঃবর্তনীতে কেবলমাত্র ইলেক্ট্রন দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়।
- ২। সম্মুখবর্তী বায়াস প্রয়োগে সাধারণত কয়েক মিলি-অ্যাম্পিয়ারের তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়।
- ৩। প্রযুক্ত বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি করলে প্রবাহমাত্রা বৃদ্ধি পায়।
- ৪। প্রবাহমাত্রা এবং প্রযুক্ত বিভব পার্থক্যের লেখচিত্র অঙ্কন করলে সরলরেখা পাওয়া যায় না।
- ৫। সম্মুখবর্তী বায়াসে ডায়োডের নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ ত্রুটি হ্রাস পায়।

খ. বিপরীত ঝৌক বা রিভার্স বায়াস প্রয়োগ

এক্ষেত্রে বাহ্য ভোল্টেজ এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যাতে বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বা প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায়। এ ধরনের ঝৌক প্রয়োগকে বিপরীত ঝৌক প্রয়োগ (reverse biasing) বলে। বিপরীত ঝৌক প্রয়োগের জন্য ব্যাটারির



চিত্র ১০.১০

ঝণাত্মক প্রাত্ম p -টাইপ প্রান্তের সঙ্গে এবং ধনাত্মক প্রাত্ম n -টাইপ প্রান্তের সঙ্গে সংযোগ দেয়া হয়। প্রযুক্ত বিপরীত ভোল্টেজের জন্য সৃষ্টি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বিভব প্রাচীরের বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের দিকে কাজ করে। ফলে জাংশনে লধি ক্ষেত্র বৃদ্ধি পায় এবং বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বেড়ে যায়। চিত্র ১০.১০-এ বিপরীত ঝৌক প্রয়োগ ও বিভব প্রাচীর বৃদ্ধি দেখানো হয়েছে। বিভব প্রাচীর বৃদ্ধির ফলে বাহকের চলাচলে বাধা বা রোধ অনেক বেড়ে যায় এবং বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ হয় না।

বিপরীত ঝৌকে ব্যাটারি n -টাইপের ইলেক্ট্রনকে এবং p -টাইপের হোলকে আকর্ষণের জন্য জাংশন থেকে দূরে সরিয়ে নেয়। ফলে জাংশনের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায় এবং জাংশন বরাবর বিভব বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই বৃদ্ধি অব্যাহত থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না জাংশনের এবং ব্যাটারির বিভব সমান হয়। বিপরীত ঝৌক প্রয়োগ করলে জাংশনের ভেতর দিয়ে খুব সাধারণ পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এ প্রবাহের কারণ হলো যে n -টাইপ ও p -টাইপে যথাক্রমে কিছু পরিমাণ হোল ও ইলেক্ট্রন থাকে। ওই সমস্ত ইলেক্ট্রন ও হোলের প্রবাহ সামান্য পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। এই প্রবাহের মান সাধারণত μA মানের হয়। এই তড়িৎ প্রবাহকে বিপরীতবর্তী তড়িৎ প্রবাহ (Reverse current) বলে।

কাজ : $p-n$ জাংশনে বিপরীত ঝৌকে প্রবাহ পাওয়া যায় না কেন?

বিপরীতমুখী ঝৌকে ব্যাটারি n -টাইপের ইলেক্ট্রনকে এবং p -টাইপের হোলকে আকর্ষণ করে জাংশন থেকে দূরে সরিয়ে দেয়। ফলে জাংশনের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায়। এই বৃদ্ধি অব্যাহত থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না জাংশন ও ব্যাটারির বিভব শূন্য হয়। **এই প্রশস্ত বিভব প্রাচীরের জন্য বিপরীতমুখী ঝৌকে কোনো প্রবাহ পাওয়া যায় না।**

অনুসন্ধান II : বিপরীত বায়াসের সময় নিঃশেষিত অঞ্চলে কী ঘটে?

যখন সংযোগটি বিপরীত বায়াসে থাকে তখন চার্জ বাহকদের ব্যাপন বন্ধ হয়। তাই নিঃশেষিত অঞ্চল প্রসারিত হয়। ইলেক্ট্রন ও হোলের চলাচলের মুখ্য প্রক্রিয়া প্রবাহ স্রোতও প্রসপর প্রায় বিলীন হয়।

বিপরীত বায়াসের বৈশিষ্ট্য

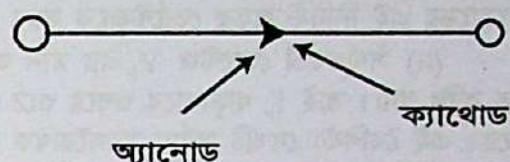
১। জাংশন ডায়োডের অভ্যন্তরে উভয় ধরনের সংখ্যাগুরু বাহকের দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়; কিন্তু বহিঃ-বর্তনীতে কেবলমাত্র ইলেক্ট্রনের দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

২। বিপরীত বায়াসে সাধারণত কয়েক মাইক্রো-অ্যাম্পিয়ারের তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়।

৩। প্রযুক্ত বিভব পার্থক্য একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ বৃদ্ধি করলে প্রবাহমাত্রায় উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন হয় না।

৪। বিপরীত বায়াসে ডায়োডের নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

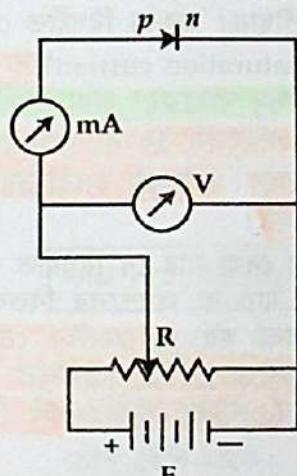
উপরের আলোচনা থেকে বুঝা যাচ্ছে যে $p-n$ জাংশন একটি একমুখী যন্ত্র (device) যা একদিকে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। চিত্র ১০.১১-এ একটি অর্ধপরিবাহী বা জাংশন ডায়োডের প্রতীক চিহ্ন দেখানো হয়েছে। ডায়োডের p -টাইপ অঞ্চলকে বলা হয় অ্যানোড এবং n -টাইপ অঞ্চলকে বলা হয় ক্যাথোড। চিত্রে ত্রিভুজ সম্মুখ ঝৌক প্রয়োগে তড়িৎ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে।



চিত্র ১০.১১

১০.৭ জাংশন ডায়োডের V-I বৈশিষ্ট্য লেখ

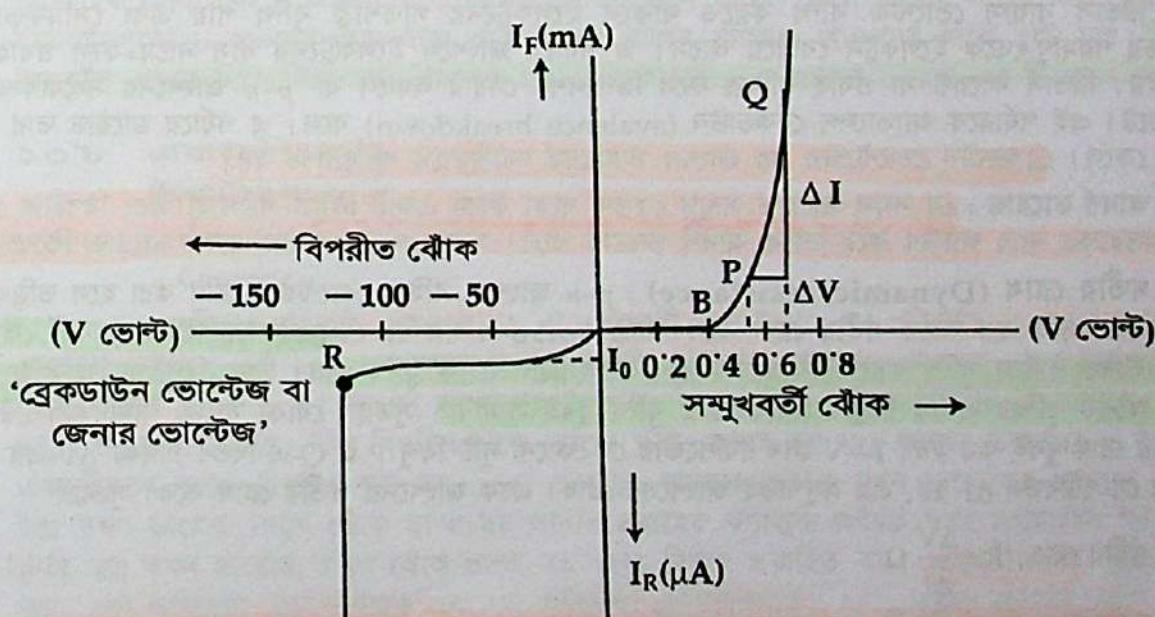
V-I characteristic curve of junction diode



চিত্র ১০.১২

$p-n$ জাংশনকে কোনো বর্তনীর অংশ হিসেবে ব্যবহারের জন্য এর সম্মুখবর্তী ও বিপরীত ঝৌক বৈশিষ্ট্য জানা দরকার। অর্ধাং সম্মুখবর্তী বা বিপরীত ভোল্টেজ পরিবর্তনের সঙ্গে এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহেরও পরিবর্তন ঘটে।

চিত্র ১০.১২-এ একটি $p-n$ জাংশন ডায়োড সম্মুখ ঝৌকে দেখানো হয়েছে। বর্তনীতে অ্যামিটার A ডায়োড কারেন্ট এবং ভোল্টমিটার V ডায়োড ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য ব্যবহার করা হয়েছে। অ্যামিটারকে সব সময় বর্তনীতে শ্রেণি সংযোগ এবং ভোল্টমিটারকে সমান্তরাল সংযোগ দিতে হয়। ডায়োডে ভোল্টেজ পরিবর্তনের জন্য পরিবর্তনশীল রোধ ব্যবহার করা হয়েছে। এখন সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ শূন্য থেকে ধাপে ধাপে বাড়ানো হলে ভোল্টেজ বৃদ্ধির সাথে সাথে বর্তনীতে কারেন্টও বৃদ্ধি পায়। এবার ব্যাটারির সংযোগ উল্লেখ করে দিলে ডায়োডে বিপরীত ঝৌক প্রযুক্ত হবে। সম্মুখ ঝৌকের ন্যায় এক্ষেত্রেও ভোল্টেজ পরিবর্তন করলে কারেন্টেরও পরিবর্তন হবে। সম্মুখবর্তী ঝৌক এবং বিপরীত ঝৌকের জন্য ভোল্টেজ-কারেন্ট লেখচিত্র আঁকলে চিত্র ১০.১৩-এর লেখচিত্র পাওয়া যাবে।



চিত্র ১০.১৩

চিত্রে সম্মুখবর্তী V—I বৈশিষ্ট্য লেখ থেকে নিম্নলিখিত বিষয় লক্ষণীয়—

সম্মুখ ঘোকের ক্ষেত্রে :

(i) সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ V_F বৃদ্ধির সঙ্গে কারেন্ট বৃদ্ধি পায় না। জার্মেনিয়াম ডায়োডের জন্য $0.3V$ এবং সিলিকন ডায়োডের জন্য $0.7V$ পর্যন্ত সম্মুখ কারেন্ট I_F শূন্য থাকে। $0.3V$ এবং $0.7V$ হলো যথাক্রমে জার্মেনিয়াম ও সিলিকনের অভ্যন্তরীণ বিভব প্রাচীর ভোল্টেজ V_0 । বিভব প্রাচীর অতিক্রম করার জন্য চার্জ বাহকের ন্যূনতম V_0 ভোল্টেজের প্রয়োজন হয়। একে অপারেটিং ভোল্টেজ বলে। চিত্রে B অপারেটিং ভোল্টেজ। এর পর ভোল্টেজ আরও বৃদ্ধি করলে কারেন্ট সূচকীয়ভাবে বাঢ়ে এবং পরবর্তীতে কিছু সময়ের জন্য ভোল্টেজ কারেন্ট বৃদ্ধি সমান্বাপ্ত হয়। ডায়োডের এই নির্দিষ্ট প্রযুক্তি ভোল্টেজকে সূচন ভোল্টেজ (Threshold voltage) বা কাট-ইন ভোল্টেজ বলে।

(ii) সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ V_F এর মান অপারেটিং ভোল্টেজ V_0 অপেক্ষা বৃদ্ধি করা হলে অর্থাৎ $V_F > V_0$ হলে I_F দ্রুত বৃদ্ধি পায়। তাই I_F খাড়াভাবে উপরে উঠে। তখন এই V_F -কে নী (Knee) ভোল্টেজ বলে। চিত্রে P বিন্দু ইহা নির্দেশ করে। এই বৈশিষ্ট্য লেখটি সর্বদা সরলরৈখিক নয়। অর্থাৎ V এবং I পরস্পরের সমান্বাপ্তিক হয় না। সিলিকনের ক্ষেত্রে এই ভোল্টেজ এর মান $0.7V$ এবং জার্মেনিয়ামের জন্য এই ভোল্টেজের মান $0.3V$ ।

(iii) B বিন্দু থেকে P বিন্দু পর্যন্ত প্রবাহ I_F এর মান ভোল্টেজ বৃদ্ধির সাথে সাথে সূচকীয়ভাবে বৃদ্ধি পায়। এজন্য BP অঞ্চলকে সূচকীয় অঞ্চল বলে।

বিপরীত ঘোকের ক্ষেত্রে :

(i) বিপরীত ঘোক V_R বৃদ্ধির সঙ্গে বিপরীত কারেন্ট I_R বৃদ্ধি পেয়ে I_0 -তে পৌছায়। এরপর বিপরীত ভোল্টেজ বাড়ালেও কারেন্ট I_0 স্থির থাকে। I_0 কারেন্টকে ‘বিপরীত সম্মুক্ত কারেন্ট’ (reverse saturation current) বা ‘ক্ষরণ কারেন্ট’ (leakage current) বলে। এই কারেন্ট p- এবং n- অঞ্চলে স্বল্পসংখ্যক ‘সংখ্যালঘু বাহকের’ দ্বারা তৈরি হয়। এর মান সাধারণত কয়েক μA । ভোল্টেজ পরিবর্তনের জন্য সংখ্যালঘু বাহকের সংখ্যা পরিবর্তন হয় না বলে ভোল্টেজ অনেক বাড়ালেও কারেন্ট স্থির থাকে। এই প্রবাহকে Reverse saturated current বলে। সিলিকন ডায়োডের ক্ষেত্রে এর মান $1 \mu A$ । শুধুমাত্র তাপমাত্রা পরিবর্তন হলে সংখ্যালঘু বাহকের সংখ্যার পরিবর্তন হয়।

(ii) বিপরীত বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে একটি ক্রান্তি (critical) মানে পৌছালে দেখা যায় যে বিপরীত কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। এই সময় p-n-p জাংশনের রোধ সম্পর্কে ভেঙ্গে যায় বা জাংশনের বিভব বাধা একেবারে বিলুপ্ত হয়ে গেছে বলে মনে হয়। তাই এই বিশেষ ভোল্টেজকে বলা হয় ‘ব্ৰেকডাউন ভোল্টেজ’ (breakdown voltage)। চিত্রে R বিন্দু ইহা নির্দেশ করে। ব্ৰেকডাউন ভোল্টেজে পৌছে গেলে সাধারণত জাংশন ডায়োডের কার্যক্রমতা বিনষ্ট হয়ে যেতে পারে। এই অবস্থায় ডায়োড পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। এই ক্রিয়াকে জেনার ক্রিয়া বলে। বিজ্ঞানী মি. জেনার এই ক্রিয়া প্রথমে লক্ষ করেন।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : p-n-p জাংশন ডায়োড রিভার্স বায়াসে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করার সাথে সাথে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। কিন্তু ক্রমাগত ভোল্টেজ বৃদ্ধি করা হলে দেখা যায় হঠাৎ করে এক পর্যায়ে প্রবাহের মান দ্রুত বৃদ্ধি পায়। এক্ষেত্রে ডায়োড কী ঘটে—ব্যাখ্যা কর।

রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করতে থাকলে ইলেকট্রনের গতিশক্তি বৃদ্ধি পায় এবং সেমিরক্ষাটির (p-n-p) ডায়োডের পরমাণু থেকে ইলেকট্রন বেরিয়ে আসে। এ পর্যায়ে জাংশনে ইলেকট্রনের ধৰন নামে ফলে প্রবাহ দ্রুত বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। রিভার্স কারেন্ট বা প্রবাহ বৃদ্ধির ফলে ডিপলেশন লেয়ার অঞ্চলে বা p-n-p জাংশনের সংযোগস্থলে রোধের পতন ঘটে। এই পর্যায়কে অ্যাভালেন্স ব্ৰেকডাউন (avalence breakdown) বলে। এ পর্যায়ে ডায়োড তার কার্যকারিতা হারিয়ে ফেলে। ব্ৰেকডাউন ভোল্টেজের পর জাংশন সাধারণত স্থায়ীভাবে ধৰ্মস্থাপ্ত হয়।

আদর্শ ডায়োড : যে সকল ডায়োড সম্মুখ ঘোকে থাকা কালে একটি নিখুঁত পরিবাহী এবং বিপরীত ঘোকে থাকা কালে অন্তরক্রে ন্যায় আচরণ করে তাকে আদর্শ ডায়োড বলে। সকল ক্ষেত্রে আমরা আদর্শ ডায়োড বিবেচনা করি।

গতীয় রোধ (Dynamic resistance) : p-n-p জাংশনে বহিস্থ ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে তড়িৎ প্রবাহে যে প্রতিবন্ধকতা সৃষ্টি হয় তাকে গতীয় রোধ বলে। চিত্র 10.13-এ লক্ষণীয় যে p-n-p জাংশনে সম্মুখবর্তী ঘোক প্রয়োগে সামান্য বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি করলে জাংশনে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা অনেক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু বিপরীত ঘোক প্রয়োগে বিভব পার্থক্য অনেক বৃদ্ধির জন্যও বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার বৃদ্ধি খুবই সামান্য। সুতরাং বোৰা যাচ্ছে, সম্মুখবর্তী ঘোক প্রয়োগে জাংশনের রোধ খুবই কম হয়। I-V লেখ বৈশিষ্ট্যের যে কোনো দুটি বিন্দু P ও Q-এ বিভব পার্থক্য ΔV -এর জন্য বিদ্যুৎ প্রবাহের যে পরিবর্তন ΔI হয়, এর অনুপাতই জাংশনের রোধ। একে জাংশনের গতীয় রোধ বলে। সুতরাং

$$\text{গতীয় রোধ}, R = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.1)$$

ডায়োডের ক্ষেত্রে বিমুক্তি রোধের মান সম্মুক্তি রোধের মানের চেয়ে বহুগুণ বেশি। যেমন Ge এর ক্ষেত্রে বিমুক্তি ও সম্মুক্তি রোধের অনুপাত $40000 : 1$ এবং Si এর ক্ষেত্রে $1000000 : 1$ ।

প্রাথমিক উদাহরণ ১০.১

১। কোনো $p-n$ জাংশনে 0.2 V বিভব পার্শ্বক্য পরিবর্তনের জন্য 5 mA বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের রোধ বের কর।

আমরা জানি,

$$\text{জাংশনের রোধ}, R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

$$\text{বা}, R = \frac{0.2}{5 \times 10^{-3}} \\ = \frac{0.2 \times 10^3}{5} \\ = \frac{200}{5} = 40\Omega$$

এখানে,

$$\Delta V = 0.2\text{ V}$$

$$\Delta I = 5\text{ mA} = 5 \times 10^{-3}\text{ A}$$

$$R = ?$$

২। একটি ট্রানজিস্টর রেডিও 9 V ব্যাটারি দ্বারা 10 mW এ চলে। রেডিওর মধ্যে দিয়ে কী পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত হয়? রেডিওর বৈদ্যুতিক রোধ কত?

[BUET Admission Test, 2018-19]

আমরা জানি,

$$I = \frac{P}{V} = \frac{0.01}{9} \text{ A} \\ = 1.11 \times 10^{-3} \text{ A} = 1.11 \text{ mA}$$

এখানে,

$$P = 10\text{ mW} = 0.01\text{ W}$$

$$V = 9\text{ volt}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{9}{1.11 \times 10^{-3}} = 8108\Omega$$

কাজ : হোলের থেকে মুক্ত ইলেকট্রনের শক্তি বেশি থাকে কেন?

হোলের মাধ্যমে তড়িৎ পরিবহন হতে হলে ইলেকট্রনকে লাফিয়ে লাফিয়ে চলতে হয়। এক্ষেত্রে ইলেকট্রনে সীমাবদ্ধ একটি পথ অনুসরণ করতে হয়। কিন্তু মুক্ত ইলেকট্রনের মাধ্যমে তড়িৎ পরিবহনের সময় ইলেকট্রন নিজের খুশিমত্তো আঁকা বাঁকা পথে চলার সুযোগ পায়। ইলেকট্রনের গতির এ পথ সীমাবদ্ধ নয়। তাই ইলেকট্রনের শক্তি হোলের চেয়ে বেশি থাকে।

অনুধাবনমূলক কাজ : $p-n$ জাংশন ডিপ্লেশন লেয়ার চার্জ নিরপেক্ষ কেন?

একটি p টাইপ ও একটি n টাইপ অর্ধপরিবাহীকে একত্রে যুক্ত করলে $p-n$ জাংশন গঠিত হয়। p অঞ্চলে সংখ্যা-গুরু বাহক হোল এবং n অঞ্চলে সংখ্যাগুরু বাহক ইলেকট্রন থাকে। যখন একত্রে সংযুক্ত করা হয় তখন n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো p অঞ্চলের হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় জাংশনের দিকে ছুটে যায়। **সংযোগস্থলে হোল-ইলেকট্রনগুলো** p অঞ্চলের হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় জাংশনের দিকে ছুটে যায়। এই কারণে $p-n$ জাংশন ডায়োড-এর ডিপ্লেশন লেয়ার চার্জ নিরপেক্ষ। ইলেকট্রন একত্রে মিশে গিয়ে চার্জ নিরপেক্ষ হয়।

১০.৮ একমুখীকরণ Rectification

১০.৮.১ ধারণা Concept

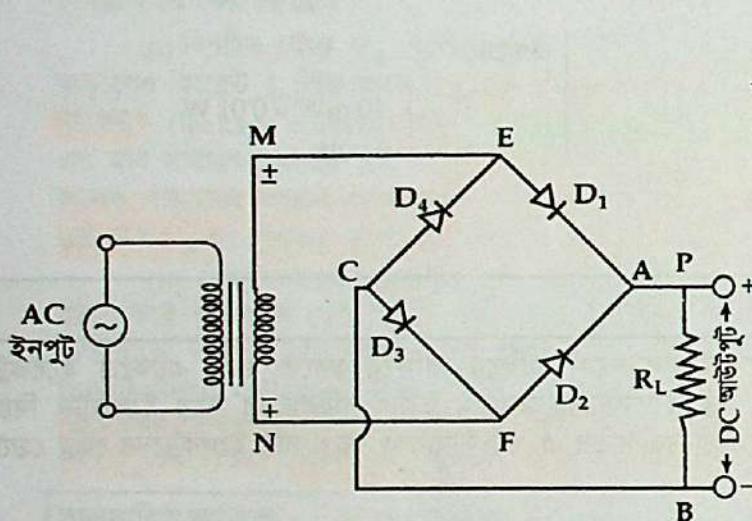
যে পদ্ধতিতে পরিবর্তী প্রবাহকে (A. C.) একমুখী প্রবাহে (D. C.) পরিবর্তন করা হয় তাকে একমুখীকরণ বা রেকটিফিকেশন (rectification) বলে এবং যে বর্তনী এই কাজে ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় একমুখীকারক বা রেকটিফায়ার (rectifier)। জাংশন ডায়োডের বৈশিষ্ট্য আলোচনায় আমরা জেনেছি যে ডায়োড একটা বিশেষ দিকে তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। কিন্তু বিপরীত দিকে কোনো তড়িৎ প্রবাহ হয় না। জাংশন ডায়োডের এ বিশেষ ধর্মকে প্রবাহ একমুখীকরণ কাজে ব্যবহার করা হয়। AC প্রবাহের ধনাত্ত্বক অর্ধচক্র যখন ডায়োডের ধনাত্ত্বক প্রান্তের তেতর দিয়ে যায় তখন ডায়োড সম্মুখ বৌক প্রাপ্ত হয় আবার প্রবাহের ঋণাত্ত্বক অর্ধচক্র যখন ডায়োডের ঋণাত্ত্বক প্রান্তের তেতর দিয়ে যায় তখন ডায়োড সম্মুখ বৌক প্রাপ্ত হয় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। একমুখীকারক (rectifier) দুই ধরনের। যথা—(ক) অর্ধতরঙা একমুখীকারক এবং (খ) পূর্ণতরঙা একমুখীকারক। AC তরঙা সময়ের সাথে সাথে দিক পরিবর্তন করে কিন্তু ডায়োডের তেতর দিয়ে যাওয়ার পর একমুখী তরঙা বা DC উৎপন্ন হয়। পূর্ণতরঙা একমুখীকরণের বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। নিম্নে ত্রীজি রেকটিফিকেশন আলোচনা করা হলো।

১০.৮.২ ব্রীজ রেকটিফিকেশন Bridge rectification

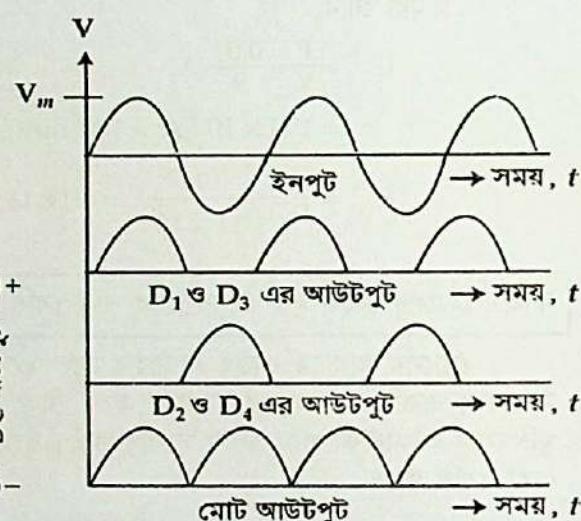
পরিবর্তী প্রবাহকে পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণ দু'ভাবে করা হয়। যথা— (ক) একটি ট্রান্সফরমার ও দুটি জাংশন ডায়োডের সাহায্যে এবং (খ) একটি ট্রান্সফরমার ও চারটি জাংশন ডায়োডের সাহায্যে। শেষেকালে পদ্ধতিকে ব্রীজ রেকটিফিকেশন পদ্ধতি বলে। DC পাওয়ার সাপ্লাই-এর জন্য ব্রীজ রেকটিফায়ার বহুল ব্যবহৃত ও কার্যকর বর্তনী।

ইনপুটে ভোল্টেজ কমানোর জন্য ট্রান্সফরমারের সাথে চারটি ডায়োড D_1, D_2, D_3 ও D_4 সংযোগ দিয়ে ব্রীজ তৈরি করা হয়। চিত্রে ১০.১৪ এ MN প্রান্তের সঙ্গে এসি ইনপুট সংযোগ দেয়া হয়েছে এবং P ও B জাংশনের সঙ্গে একটি রোধ R_L যুক্ত করা হয়েছে। একে লোড (Load) বলে। এই রোধের দুই প্রান্ত হতে আউটপুট পাওয়া যায়।

ইনপুটের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য (Positive half cycle) ট্রান্সফরমারের গৌণ কুণ্ডলীর M প্রান্ত ধনাত্মক (+ve) এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক (-ve) হয়। এই অবস্থায় ডায়োড D_1 ও D_3 সম্মুখ বোক (Forward bias) প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে ডায়োড D_2 ও D_4 বিপরীত বোক (Reverse bias) প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ MEABCFN পথে প্রবাহিত হয় [চিত্র ১০.১৪(ক)] এবং R_L এর দুই প্রান্তে ভোল্টেজ পাওয়া যায়।



(ক)



(খ)

চিত্র ১০.১৪ : ব্রীজ রেকটিফায়ার।

আবার ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য (Negative half cycle) ট্রান্সফরমারের গৌণ কুণ্ডলীর N প্রান্ত ধনাত্মক এবং M প্রান্ত ঋণাত্মক হয়। এই অবস্থায় ডায়োড D_2 ও D_4 সম্মুখ বোক প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ NFABCEM পথে প্রবাহিত হয় [চিত্র ১০.১৪(খ)]। সূতরাং AC প্রতিক্ষেত্রে ইনপুটের প্রত্যেক অর্ধচক্রের জন্য বিদ্যুৎ লোড রোধ R_L এর মধ্য দিয়ে একই দিক AB দিয়ে প্রবাহিত হয় এবং প্রতিক্ষেত্রে R_L -এ ভোল্টেজ ড্রপ হয়। অন্যভাবে বলা যায় ব্রীজ রেকটিফায়ারের A বিন্দু সর্বদা অ্যানোড এবং B বিন্দু ক্যাথোড হিসেবে ক্রিয়া করে। অন্তর্গামী AC এবং বহির্গামী DC সিগন্যালকে ১০.১৪(খ) চিত্রে দেখানো হয়েছে। এভাবে প্রত্যেক AC সিগন্যালকে বহির্গামীতে DC হিসেবে পাওয়া যায়।

কাজ : পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণে দুটি অনুরূপ ডায়োড ব্যবহার করা হয় কেন ?

পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণে দুটি অনুরূপ ডায়োড ব্যবহার করা হয়। কারণ দুটি ডায়োডের তড়িৎ প্রবাহ অনুরূপ না হলে রোধের তেতর দিয়ে প্রবাহের ওঠানামা বেশি হয়।

নিজে কর : রেকটিফায়ার বর্তনীতে ব্যবহৃত ট্রান্সফরমারের গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা মুখ্য কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা অপেক্ষা কম রাখা হয় কেন ?

ট্রান্সফরমার দ্বারা ভোল্টেজ কমানোর জন্য গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা কম রাখা হয়। ভোল্টেজ কম না হলে ডায়োড পুড়ে যাবে। সাধারণত ডায়োডে ভোল্টেজের মান 15V এর নিচে রাখা হয়।

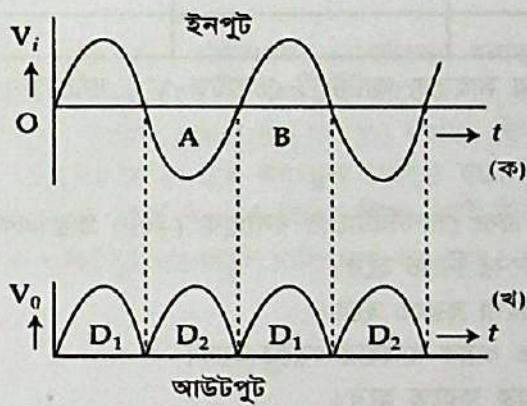
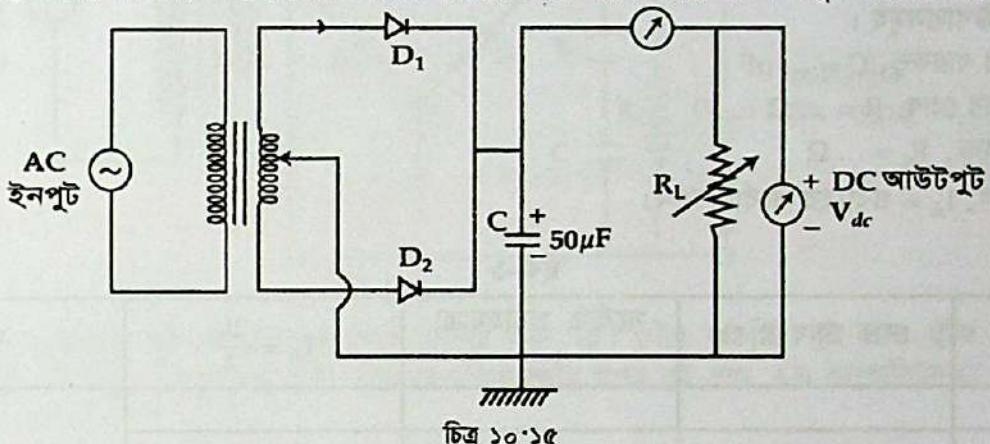
১০.৯ ব্যবহারিক Experimental

পরীক্ষণের নাম :

পরিয়ত : ২

পূর্ণতরঙ্গ একমুখীকরণ (দুটি ডায়োড ব্যবহার করে)
Full wave rectification (using two diodes)

তত্ত্ব (Theory) : দুটি ডায়োড দ্বারা পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণ করা যায়। $V = V_m \sin \theta$ হলো দিক পরিবর্তী বিভব। ধরি ডায়োডের রোধ R এবং লোড রোধ (রেজিস্ট্রেশন) R_L । সম্মুখ বায়াসের ক্ষেত্রে ডায়োডের মধ্য দিয়ে তরঙ্গ প্রবাহ চলে। কিন্তু বিপরীতমুখী বায়াসের সময় এর মধ্য দিয়ে খুব কম প্রায় ($1\mu A$) প্রবাহ চলে। AC প্রবাহকে শোধন (filter) করে DC প্রবাহ পাওয়ার জন্য রেকটিফায়ার ব্যবহার করা হয়। তরঙ্গের ধনাত্মক চক্রের সময় বর্তনীতে প্রবাহ



ঘটে। তরঙ্গের ধনাত্মক চক্রের সময় বিপরীত বায়াস ঘটে এবং কোনো প্রবাহ পাওয়া যায় না। DC তরঙ্গকে মসৃণ করার জন্য বর্তনীতে ধারক C ব্যবহার করা হয়। তরঙ্গের ধনাত্মক চক্রের সময় ধারকটি চার্জ থেকে করে চার্জিত হয় এবং তরঙ্গের ধনাত্মক চক্রের সময় ধারকটি সঞ্চিত চার্জ হারায়। ফলে দুটি DC তরঙ্গের মাঝখালে ফাঁক অনেকটা মসৃণ হয়। ধারক (C) এর মধ্য দিয়ে তরঙ্গের AC অংশ সহজে বিভিন্ন পথে চলে বলে একে ফিল্টার বা ছাঁকনি বলে। ডিসি ভোল্টেজিমিটার এর সাহায্যে R_L এর দুই প্রান্তে DC ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয় এবং বর্তনীতে উল্লিখিত DC অ্যামিটার দ্বারা ডিসি প্রবাহমাত্রা পরিমাপ করা হয়। R_L এর দুই প্রান্তের মাঝে Oscilloscope এর পর্দায় DC প্রবাহ প্রত্যক্ষ করা হয়। বর্তনী, সংযোগ যন্ত্র এবং ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যালকে ১০.১৫ এবং ১০.১৬নং চিত্রে দেখান হলো।

যন্ত্রপাতি :

- ১। একটি স্টেপ ডাউন সেটার ট্যাপ্ট ট্রান্সফরমার
- ২। দুটি ডায়োড
- ৩। সংযোগকারী তার
- ৪। লোড রোধ R_L ($10 - 1000 \Omega$)
- ৫। ডিসি ভোল্টেজিমিটার
- ৬। AC মিলি অ্যামিটার
- ৭। ক্যাপাসিটর ($50\mu F$)
- ৮। প্রজেক্ট বোর্ড
- ৯। সংযোগকারী তার, ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি :

- (১) ট্রান্সফরমারের বহিঃমুখের ওপরের ও নিচের প্রান্তের সাথে দুটি ডায়োডকে চিত্র অনুযায়ী সংযুক্ত করতে হবে।
- (২) ডায়োডের নেগেচিভ প্রান্তদ্বয় একত্রে তার দ্বারা যুক্ত করতে হবে।
- (৩) একটি ধারক (C), লোড রোধ (R_L), একটি ডিসি ভোল্টমিটার (V_{dc}) কে সমান্তরালে যুক্ত করে ওপরের প্রান্তে একটি অ্যামিটারকে শ্রেণি সমবায়ে যুক্ত করা হয় এবং R_L , C এবং ভোল্টমিটারের নিচের প্রান্তের তার যুক্ত করে ট্রান্সফরমারের কেন্দ্রীয় বিন্দুর সাথে যুক্ত করা হয়। C , R_L এর নিচের প্রান্তকে ভূমি সংযোগে রাখা হয়।
- (৪) ডায়োডের -ve প্রান্তদ্বয়ের মধ্যস্থল থেকে তার দিয়ে ধারকের সাথে যুক্ত করা হয়।
- (৫) বর্তনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করে আউটপুট কারেন্ট-ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয়।
- (৬) Oscilloscope দ্বারা আউটপুট ডিসি পর্যবেক্ষণ করা হয়।

পরীক্ষালব্ধ উপাসনমূহুর্মুহ :

- (ক) ধারকের ধারকত্ব, $C = \dots \mu F$
- (খ) ডায়োডের রোধ, $R = \dots \Omega$
- (গ) লোড রোধ, $R_L = \dots \Omega$
- (ঘ) $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$, I_m = প্রবাহের সর্বোচ্চ মান।

ছক-১

| পর্যবেক্ষণ সংখ্যা | লোড রোধ $R_L \Omega$ | সর্বোচ্চ প্রবাহমাত্রা I_{max} | $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$ | V_{dc} |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------|
| ১ | | | | |
| ২ | | | | |
| ৩ | | | | |

পর্যবেক্ষণ : Oscilloscope এর সাহায্যে আউটপুট ভোল্টেজ V_{dc} পর্যবেক্ষণ করা হলো এবং ভোল্টমিটার এর সাহায্যে V_{dc} পরিমাপ করা হলো।

সতর্কতা :

- ১। ধারকের, মিলি অ্যামিটারের এবং ভোল্টমিটারের ধনাত্ত্বক (+ve) প্রান্ত এক সাথে যুক্ত করতে হবে।
- ২। ডায়োড D_1 ও D_2 একই মানের নিতে হবে।
- ৩। স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার ব্যবহার করতে হবে।
- ৪। মসৃণ (smooth) ডিসি পেতে ধারক ব্যবহার করতে হবে।
- ৫। তারের প্রান্তগুলো শক্তভাবে যুক্ত করতে হবে।

| | |
|-----------------|---|
| পরীক্ষণের নাম : | ডায়োডের সাহায্যে একমুখীকরণ (ব্রীজ রেকটিফায়ার ব্যবহার করে) |
| পরিস্থিতি : | Rectification with the help of diode (using bridge rectifier) |

তত্ত্ব (Theory) : একমুখীকরণ বা রেকটিফিকেশন এমন একটি পদ্ধতি যা পর্যাবৃত্ত ভোল্টেজকে ডিসি ভোল্টেজে রূপান্তরিত করে। অর্ধপরিবাহী ডায়োড ভালোভাবেই এ কাজ সম্পন্ন করে। দুই ধরনের একমুখীকারক রয়েছে, যথা—অর্ধ তরঙ্গ একমুখীকারক এবং পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকারক। এখানে একটি পূর্ণচক্র একমুখীকারক বর্ণনা করা হলো।

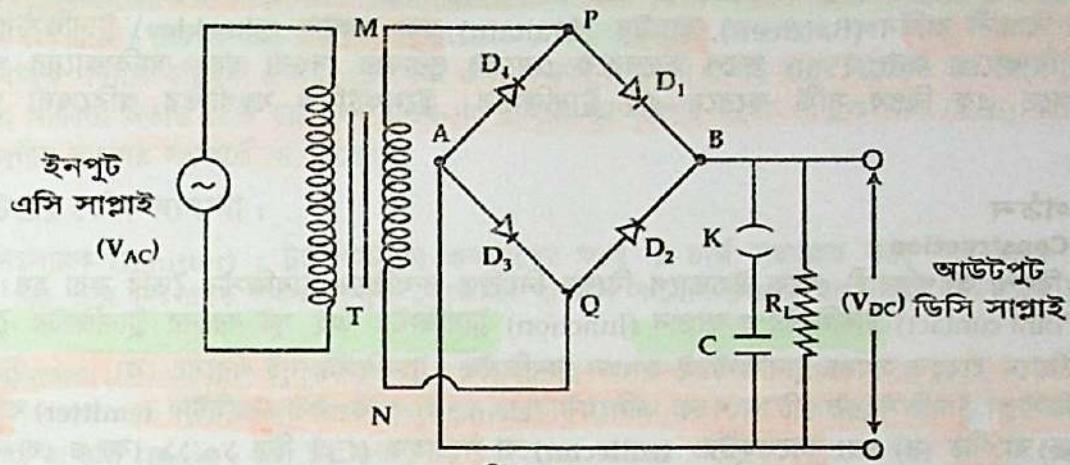
পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণে ইনপুট এসি ভোল্টেজের উভয় অর্ধচক্রের জন্য বিদ্যুৎ প্রবাহ লোড (load) বা ভারের মধ্য দিয়ে একই দিকে প্রবাহিত হয়। পূর্ণ চক্র একমুখীকরণের ক্ষেত্রে সাধারণত দুই জোড়া ডায়োড ব্যবহার করা হয়। এসি ইনপুট ভোল্টেজের প্রথম অর্ধচক্রের জন্য একজোড়া ডায়োড সম্মুখ ঝৌক প্রাপ্ত হয়ে ক্রিয়াশীল হয়, তখন অপর জোড়া ডায়োড বিপরীত ঝৌকে থাকে। আবার এসি ইনপুট ভোল্টেজের দ্বিতীয় অর্ধচক্রের জন্য এদের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। এভাবে এসি ইনপুটের উভয় অর্ধচক্রেই লোড বা ভারের বিপরীতে একই দিকে আউটপুট সৃষ্টি হয়। এই ডিসি আউটপুট মসৃণ না হয়ে স্পন্দনবিশিষ্ট (pulsating) হয়; অর্থাৎ এর মধ্যে এসি, ডিসি উভয় উপাদানই বিদ্যমান থাকে। বিশুদ্ধ ডিসি ভোল্টেজ পাওয়ার জন্য একটি ফিল্টার সার্কিট দ্বারা আউটপুটকে মসৃণ করা হয়।

যন্ত্রপাতি (Apparatus) :

- ১। স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার,
- ২। ব্রীজ রেকটিফায়ার,
- ৩। ক্যাপাসিটর ($330 \mu F$ বা $50 \mu F$)

- ৪। রোধক,
- ৫। মান্টিমিটার,
- ৬। অসিলোসকোপ ইত্যাদি।

বর্তনী সংযোগ (Circuit connection) : নিচের চিত্রের ন্যায় বর্তনী সংযোগ দিতে হয়।

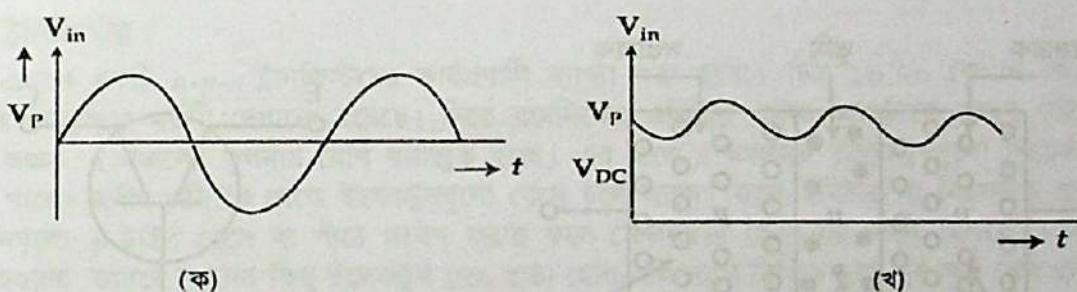


ট্রান্সফরমারের মুখ্য কুণ্ডলীকে এসি সাপ্লাই-এর সাথে সংযুক্ত করা হয়। গৌণ কুণ্ডলীর দুই প্রান্ত ব্রীজ রেকটিফায়ারের বিপরীত প্রান্ত PQ এর সাথে সংযুক্ত করা হয়। ব্রীজ রেকটিফায়ারের অপর দুই প্রান্ত AB ক্যাপাসিটর C ও লোড (load) R_L এর সাথে যুক্ত করা হয়।

কার্যপ্রণালি (Working procedure) :

(১) উপরের চিত্রের ন্যায় বর্তনী সংযোগ দেয়া হয়। সেকেভারি ভোল্টেজের ধনাত্মক অর্ধচক্রকালে ট্রান্সফরমার M প্রান্ত ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। এ অবস্থায় ডায়োড D_1 ও D_3 সম্মুখ রোক প্রাপ্ত হয় এবং ডায়োড D_2 ও D_4 বিপরীত রোক প্রাপ্ত হয়। সুতরাং MPD_1BAD_3QN বরাবর বিদ্যুৎ প্রবাহ চলে এবং R_L -এর বিপরীতে বিভব পতন ঘটে। আবার ঋণাত্মক অর্ধচক্রকালে M প্রান্ত ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। ফলে NQD_2BAD_4PM পথে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলে। লক্ষ করলে দেখা যাবে যে ভার বা লোড R_L -এর ভেতর দিয়ে একই দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে।

(২) অসিলোসকোপের সাহায্যে ইনপুট ও আউটপুট তরঙ্গরূপ পর্যবেক্ষণ করা হয়। চিত্র ১০.১৮ এর (ক) ও (খ) এর ন্যায় ইনপুট ও আউটপুট পাওয়া যাবে।



- (৩) অসিলোসকোপের সাহায্যে R_L -এর বিপরীত ফিল্টারকৃত ভোল্টেজ মাপা হয়।
- (৪) অসিলোসকোপ না থাকলেও এসি/ডিসি ভোল্টমিটার দিয়ে ভোল্টেজ মাপা হয়।

সতর্কতা ও আলোচনা (Precautions and Discussion) :

- (১) ডায়োড সংযোগ সঠিক হওয়া প্রয়োজন।
- (২) তারের প্রান্তগুলো শক্তভাবে যুক্ত করতে হবে।
- (৩) অসিলোসকোপের পরিবর্তে এসি/ডিসি ভোল্টমিটার ব্যবহার করা যেতে পারে।
- (৪) স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার ব্যবহার করতে হবে।

অনুসন্ধান : একমুখীকরণ বর্তনীতে ফিল্টার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী ?

একটি পূর্ণতরঙ্গের একমুখীকরণে প্রবাহ একমুখী হলেও সময়ের সঙ্গে পরিবর্তনশীল, যা অধিকাংশ বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহারের অনুপযুক্ত। তাই একটি ফিল্টার ব্যবহার করা হয়।

১০.১০ জাংশন ট্রানজিস্টর (পি-এন-পি ও এন-পি-এন)

Junction Transistor ($p-n-p$ and $n-p-n$)

ট্রানজিস্টর হচ্ছে তিন প্রান্তবিশিষ্ট একটি অর্ধপরিবাহী ডিভাইস যার অন্তর্মুখী (Input) প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করে বহির্মুখী (Output) প্রবাহ, বিভিন্ন পার্থক্য এবং ক্ষমতা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। দুটি অর্ধপরিবাহী ডায়োডকে পাশাপাশি যুক্ত করে একটি অর্ধপরিবাহী ডায়োড বা ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। 1948 সালে আমেরিকার বেল টেলিফোন ল্যাবরেটরির তিনজন বিখ্যাত বিজ্ঞানী বার্ডিন (Bardeen), ব্র্যাটেন (Brattain) এবং শকলে (Shockley) ট্রানজিস্টর আবিষ্কার করেন। এই আবিষ্কারের জন্য 1966 সালে তাদেরকে নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয়। আবিষ্কারের পর থেকেই ইলেক্ট্রনিক জগতে এক বিপ্লব সৃষ্টি করেছে এই ট্রানজিস্টর। ইলেক্ট্রনিক যন্ত্রপাতির অবিচ্ছেদ্য অঙ্গ হচ্ছে ট্রানজিস্টর।

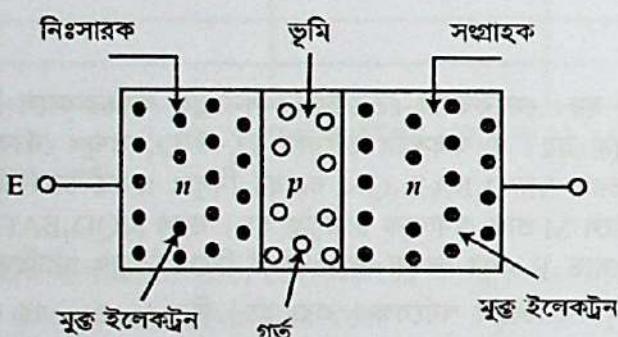
১০.১০.১ গঠন

Construction

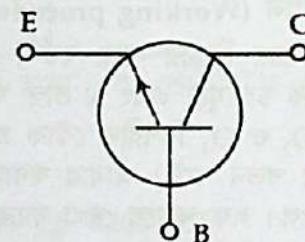
একখনও বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী থেকে উচ্চতাপে বিশেষ নিয়ন্ত্রিত পদ্ধতিতে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। সাধারণত পয়েন্ট কন্টাক্ট (Point contact) ট্রানজিস্টর ও জাংশন (Junction) ট্রানজিস্টর এই দুই ধরনের ট্রানজিস্টর তৈরি হয়।

তবে বর্তমানে ব্যবহৃত সবচেয়ে সমস্ত ট্রানজিস্টরই জাংশন ট্রানজিস্টর। ট্রানজিস্টর দুই ধরনের (ক) $n-p-n$ ট্রানজিস্টর ও (খ) $p-n-p$ ট্রানজিস্টর। ট্রানজিস্টরের তিনটি অংশ বা এলিমেন্ট (element) থাকে; যথা—এমিটার (emitter) বা নিঃসারক (E), বেস (base) বা গীঠ (B) এবং কালেক্টর (collector) বা সংগ্রাহক (C)। চিত্র ১০.১৯ (ক) ও (খ)-এ $n-p-n$ ও $p-n-p$ ট্রানজিস্টরের ব্লক (block) চিত্র এবং প্রতীক চিত্র দেখানো হলো।

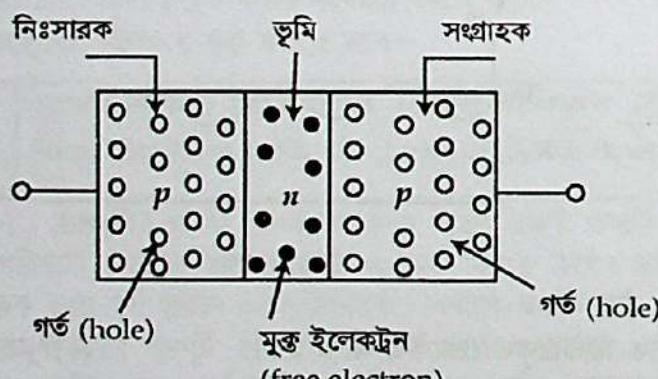
দুটি পৃথক n -টাইপ কেলাসের মাঝখানে একটি p -টাইপ কেলাস বিশেষ পদ্ধতিতে পাশাপাশি রেখে যুক্ত করলে $n-p-n$ ট্রানজিস্টর গঠন করা হয়। আবার দুটি পৃথক p -টাইপ কেলাসের মাঝখানে একটি n -টাইপ কেলাস যুক্ত করলে $p-n-p$ ট্রানজিস্টর গঠন করা হয়।



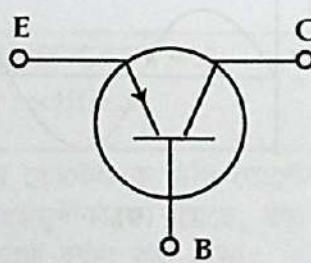
(ক) $n-p-n$ ট্রানজিস্টর (ব্লক চিত্র)



$n-p-n$ ট্রানজিস্টরের প্রতীক চিত্র



(খ) $p-n-p$ ট্রানজিস্টর (ব্লক চিত্র)



$p-n-p$ ট্রানজিস্টরের প্রতীক চিত্র

চিত্র ১০.১৯

$p-n-p$ ট্রানজিস্টর গঠন করা হয়। এই জোড়া লাগানো আঠা বা সোল্ডার করে করা হয় না। দুটি p -টাইপ অর্ধপরিবাহী এবং দুটি n -টাইপ অর্ধপরিবাহীর মাঝে সুনির্বিত্তিভাবে ব্যাকুমে n -টাইপ এবং p -টাইপ অর্ধপরিবাহী ডোপিং করে বা মিশিয়ে $n-p-n$ বা $p-n-p$ ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। ট্রানজিস্টরের মাঝের বেস অংশ খুবই পাতলা এবং সামান্য পরিমাণে অপন্দব্য মিশ্রণ করা হয়, যাতে এমিটার থেকে বাহক আধান (charge carrier) প্রবাহের সময় কম দূরত্ব অতিক্রম করতে হয় এবং বিপরীত আধানের সঙ্গে মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ না হয়। এমিটার অংশ বেশ পুরু (thick) এবং বেশি পরিমাণে ডোপড (doped) বা ডোপায়িত করা হয়। কালেক্টর সবচেয়ে বেশি পুরু করা হয় যাতে উৎপন্ন তাপ তাড়াতাড়ি বিকিরিত হয়। ট্রানজিস্টরে দুটি জাংশন থাকে। যথা এমিটার-বেস জাংশন এবং অপরটি বেস-কালেক্টর জাংশন। পূর্বে বলা হয়েছে যে, দুটি $p-n$ জাংশনের সমন্বয়ে একটি ট্রানজিস্টর গঠিত হয়। একটিকে সম্মুখ বৌক বা বায়াস যুক্ত এবং

অপরটিকে বিপরীত ঝৌক বা বায়াস যুক্ত করা হয়। সম্মুখ বায়াস যুক্ত জাংশনের রোধ বিপরীত বায়াস যুক্ত জাংশনের তুলনায় খুবই নগণ্য। দূর্বল সিগন্যাল (signal) বা সংজ্ঞেতকে কম রোধসম্ভব জাংশন বর্তনীতে প্রয়োগ করা হয় এবং উচ্চ রোধযুক্ত জাংশন বর্তনী থেকে আউটপুট নেয়া হয়।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে একটি ট্রানজিস্টর একটি সিগন্যালকে স্বল্প রোধ থেকে উচ্চ রোধে ট্রান্সফার (transfer) করে। এটি রেজিস্ট্যাসের (resistance) বা রোধের মাধ্যমে কারেন্ট ট্রান্সফার করে বলে এর নামকরণ ট্রান্সফার রেজিস্ট্র (transfer resistor) সংক্ষেপে ট্রানজিস্টর (transistor) করা হয়েছে। অন্যভাবে বলা যায় তিনি প্রান্তবিশিষ্ট যে ক্ষুদ্র অর্ধ-পরিবাহক পদার্থে বহির্মুখী প্রবাহ, তোল্টেজ এবং ক্ষমতা অন্তর্মুখী প্রবাহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে। ট্রানজিস্টর আকারে অত্যন্ত ছোট হয় এবং ধাতব বা প্লাস্টিক আবরণের মধ্যে এটিকে সিল (seal) করে রাখা হয় যাতে বায়ু বা জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে না আসে।

ট্রানজিস্টরের বোঁক ব্যবস্থা :

নিঃসারক (Emitter) : ট্রানজিস্টরের একপাশের অংশ যা চার্জ সরবরাহ করে তাই একে নিঃসারক বলে। বর্তনীতে পীঠ এবং নিঃসারক সর্বদা সম্মুখী ঝৌক বা বায়াসে সংযোগ দেওয়া হয়। ফলে নিঃসারক বর্তনীর রোধ কম হয়।

সংগ্রাহক (Collector) : ট্রানজিস্টরের অন্যপাশের অংশ যা চার্জ সংগ্রহ করে তাই একে সংগ্রাহক বলে। বর্তনীতে সংগ্রাহক এবং পীঠ সর্বদা বিপরীত ঝৌকে সংযোগ দেওয়া হয়। ফলে সংগ্রাহক বর্তনীতে রোধ বেশি হয়।

পীঠ বা ভূমি (Base) : ইহা নিঃসারক ও সংগ্রাহকের মাঝের অংশ বলে একে পীঠ বা ভূমি বলে। ট্রানজিস্টরের পীঠ নিঃসারকের তুলনায় খুবই পাতলা হয়।

জেনে রাখ : ট্রানজিস্টরের উপযোগিতা কী ? এর কোনো অসুবিধা আছে কী ? কি কি কাজে ইহা ব্যবহার করা হয় ?

ট্রানজিস্টরের উপযোগিতা হলো : (১) আকার খুব ছোট; (২) এটি খুব সামান্য বিভবে কাজ করে; (৩) এর ক্রিয়া তাৎক্ষণিক; (৪) এটি দীর্ঘস্থায়ী; (৫) এটি যান্ত্রিক কম্পন সহ্য করতে পারে এবং (৬) এটি খুব সম্ভা।

ট্রানজিস্টরের অসুবিধা : (১) এটি উক্তায় খুব সংগ্রাহক এবং (২) এটি খুব কম উৎপাদন শক্তি দেয়।

ব্যবহার : তড়িৎ সংকেত বিবরণ করতে, উচ্চ গতি সুইচ হিসেবে ট্রানজিস্টর ব্যবহৃত হয়।

অনুসন্ধান : উচ্চ কম্পাঙ্কযুক্ত এবং কম্পিউটার বর্তনীতে $n-p-n$ ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয় কেন ?

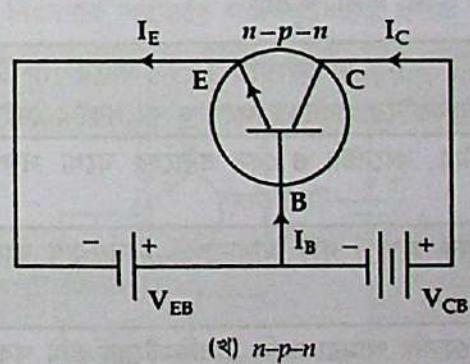
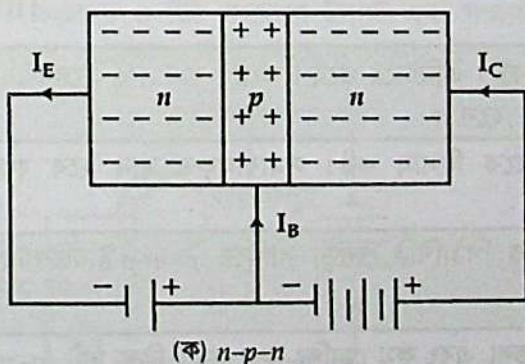
বাহক হিসেবে হোলের তুলনায় ইলেকট্রনের দুটি বেশি। $n-p-n$ ট্রানজিস্টরে সংখ্যাগুরু বাহক হলো ইলেকট্রন, তাই উচ্চ কম্পাঙ্কযুক্ত এবং কম্পিউটার বর্তনীতে $n-p-n$ ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়।

১০.১০.২ কার্যক্রম

Working process

$n-p-n$ ট্রানজিস্টর :

এখানে একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টরের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা করা হলো। চিত্র ১০.২০ (ক) ও (খ)-তে $n-p-n$ ট্রানজিস্টরের বৈদ্যুতিক বর্তনী দেখানো হয়েছে। চিত্রে বামদিকের এমিটার বেস জাংশনকে সম্মুখ ঝৌকে রাখা হয়েছে। ফলে p অঞ্চল n -অঞ্চলের তুলনায় বেশি ধনাত্মক হচ্ছে। এর ফলে n অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলো সহজেই p অঞ্চলে চলে আসতে পারে। অর্থাৎ এমিটার থেকে ইলেকট্রনগুলো বেসে চলে আসে। ফলে ইমিটার বা নিঃসারক প্রবাহ I_E সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রনগুলো p -টাইপ বেসে বা পীঠে প্রবেশ করার ফলে সেখানকার হোল-এর সাথে মিলতে চায়। কিন্তু বেস খুব পাতলা হওয়ার কারণে সামান্য কিছু ইলেকট্রন (৫% প্রায়) হোল-এর সাথে মিলিত হয়ে খুব ক্ষুদ্র বেস প্রবাহ I_B সৃষ্টি করে।



চিত্র ১০.২০

ডানদিকের বেস কালেক্টর জাংশনকে বিপরীত ঝৌকে রাখায় কালেক্টর অঞ্চল বেশি ধনাত্মক হয় এবং এমিটার থেকে বেসে প্রবাহিত ইলেকট্রনগুলোকে তীব্রভাবে n -অঞ্চলের দিকে আকর্ষণ করে। অর্থাৎ n -স্তর বা কালেক্টর (সংগ্রাহক)

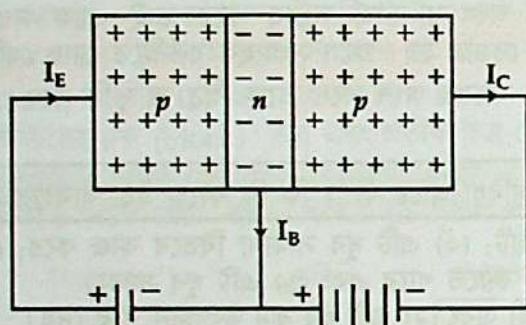
ইলেকট্রন সংগ্রহ করে। বেসের ডেতের দিয়ে আসার সময় কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন বেস অঞ্চলের 'হোল' (hole) পূরণ করে; অবশিষ্ট ইলেকট্রন প্রায় ৯৫% কালেক্টর অঞ্চলে ছুটে যায় এবং বেস থেকে কালেক্টরে তড়িৎ প্রবাহ I_C সৃষ্টি হয়। বেস অঞ্চলে যাতে খুব সামান্য পরিমাণে ইলেকট্রন হোলের সঙ্গে মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়, সে কারণে বেসকে হাঙ্কা ডোপিং করে হোলের সংখ্যা কম করা হয়। বেস বা পীঠ অঞ্চল পাতলা হওয়ার কারণে ইলেকট্রনের অবস্থান ও সংখ্যা সংরক্ষিত হয়।

এভাবে প্রায় সম্পূর্ণ এমিটার বা নিঃসারক প্রবাহ কালেক্টর বা সংগ্রাহক বর্তনীতে প্রবাহিত হয়। সূতরাং দেখা যায় ইমিটার প্রবাহ হলো বেস প্রবাহ ও কালেক্টর প্রবাহের সমষ্টি। অর্থাৎ

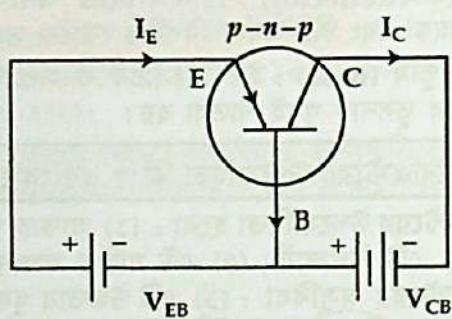
$$I_E = I_B + I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.2)$$

p-n-p ট্রানজিস্টর :

১০.২১ (ক) ও (খ) চিত্রে p-n-p ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে বায়াসিং কার্যক্রম দেখানো হয়েছে। p অঞ্চল বা এমিটার থেকে 'হোল' বেসের মধ্যে প্রবেশ করে এবং কালেক্টর বেশি ঝণাত্মক হওয়ায় হোলগুলো বেস থেকে তীব্রভাবে কালেক্টরের দিকে ছুটে যায় এবং একটা প্রবল তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে এমিটার-বেস জাংশন সম্মুখ ঘৌকে এবং কালেক্টর-বেস জাংশন বিপরীত ঘৌকের রাখা হয়। সম্মুখ ঘৌকের কারণে p অঞ্চলের ইমিটারের হোলগুলি বেসের



(ক) p-n-p



(খ) p-n-p

চিত্র ১০.২১

দিকে প্রবাহিত হয়ে ইমিটার প্রবাহ I_E সৃষ্টি করে। আবার হোলগুলো n-অঞ্চলের বেসে প্রবেশ করে স্থানকার বিদ্যমান ইলেকট্রনগুলোর সাথে মিলতে চায়। বেস খুব পাতলা হওয়ায় প্রায় ৫% হোল ইলেকট্রনের সাথে মিশে সামান্য বেস প্রবাহ I_B তৈরি করে। অবশিষ্ট হোল প্রায় ৯৫% p অঞ্চলের কালেক্টরে প্রবেশ করে এবং বেস থেকে কালেক্টর প্রবাহ I_C তৈরি করে। এভাবে প্রায় সম্পূর্ণ এমিটার বা নিঃসারক প্রবাহ কালেক্টর বর্তনীতে প্রবাহিত হয়।

এমিটার অংশে চার্জের প্রবাহের জন্য সৃষ্টি কারেন্টকে এমিটার কারেন্ট বা নিঃসারক প্রবাহ (I_E), বেস অংশে ইলেকট্রন হোল মিলনের ফলে সৃষ্টি কারেন্টকে বেস কারেন্ট বা পীঠ প্রবাহ (I_B) এবং কালেক্টর অংশে চার্জের প্রবাহের জন্য কারেন্টকে কালেক্টর কারেন্ট বা সংগ্রাহক প্রবাহ (I_C) বলা হয়। বেস কারেন্ট কালেক্টর অংশে যায় না। এই কারেন্ট বেস প্রান্ত (Terminal) দিয়ে বেরিয়ে আসে। সূতরাং দেখা যাচ্ছে যে এমিটার কারেন্টের সবচেয়ে কালেক্টর অংশে যায় না; অর্থাৎ কালেক্টর কারেন্টের মান এমিটার কারেন্টের চেয়ে কম হয়। এক্ষেত্রে I_E , I_B এবং I_C -এর নিম্নরূপ সম্পর্ক রয়েছে :

$$I_E = I_B + I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.3)$$

আবার, ΔI_E , ΔI_B এবং ΔI_C যথাক্রমে নিঃসারক প্রবাহ, পীঠ প্রবাহ এবং সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন হলে,

$$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad [10.3(a)]$$

হিসাব : একটি p-n-p ট্রানজিস্টরে 10^{-8} s সময়ে 10^8 টি ইলেকট্রন এমিটারে প্রবেশ করে। যদি 1% ইলেকট্রন বেসে নষ্ট হয়, তবে কালেক্টরে প্রবাহের অংশ ও কালেক্টর গেইন কত হবে ?

এমিটার, কালেক্টর ও বেস প্রবাহের মধ্যে সম্পর্ক থেকে হিসাব কর। সমাধানকৃত মান হবে যথাক্রমে ০.৯৯ এবং ৯৯।

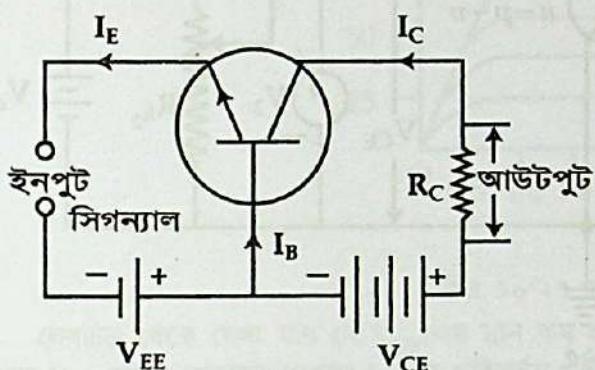
অনুসম্ভানমূলক কাজ : দুটি আলাদা p-n সংযোগ ডায়োডকে পিঠাপিঠি জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যাবে কী ?

না। কেননা আমরা জানি ট্রানজিস্টরের ভূমি খুবই পাতলা এবং কম ডোপিং করা হয়। কিন্তু দুটি p-n সংযোগকে পিঠাপিঠি যুক্ত করলে ভূমি অঞ্চলটি বেশ মোটা হবে এবং ডোপিং-এর পরিমাণও অনেক বেশি হবে। ফলে সংগ্রাহক প্রবাহ কমে যাবে এবং ভূমি প্রবাহ বৃদ্ধি পাবে। তাই দুটি আলাদা p-n সংযোগ ডায়োডকে জোড়া লাগিয়ে p-n-p ট্রানজিস্টর তৈরি করা যাবে না।

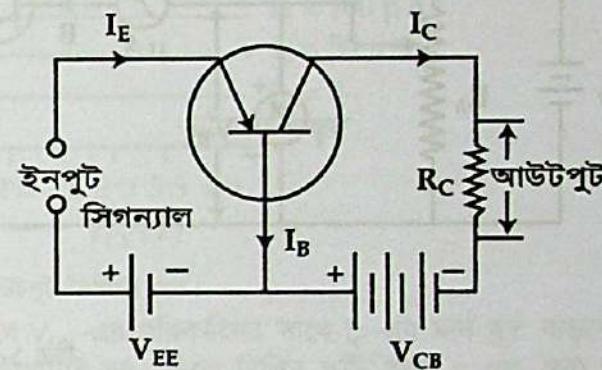
১০.১১ ট্রানজিস্টর বর্তনীর মৌলিক বিন্যাস Basic configuration of transistor circuits

বর্তনীতে ট্রানজিস্টরের সংযোগ অনুসারে তিনি ধরনের ট্রানজিস্টর বর্তনীর বিন্যাস পাওয়া যায়। এই বিন্যাসগুলোর নামকরণ করা হয়েছে সাধারণ উপাদান (element) এর নাম অনুসারে। যেমন সাধারণ পীঠ বিন্যাস, সাধারণ নিঃসারক বিন্যাস এবং সাধারণ সংগ্রাহক বিন্যাস।

১। সাধারণ পীঠ বিন্যাস (Common base, CB) : এই বিন্যাসে পীঠ সাধারণ বাহু হিসেবে থাকে। বর্তনীতে পীঠ ও নিঃসারক সংযোগে ইনপুট (input) এবং পীঠ ও সংগ্রাহক সংযোগে আউটপুট (output) প্রান্ত গঠিত হয়। চিত্র ১০.২২-এ সাধারণ পীঠ বর্তনী দেখানো হলো। উভয় প্রান্তের সাথে পীঠ সংযুক্ত থাকে বলে একে সাধারণ পীঠ বিন্যাস বলে।



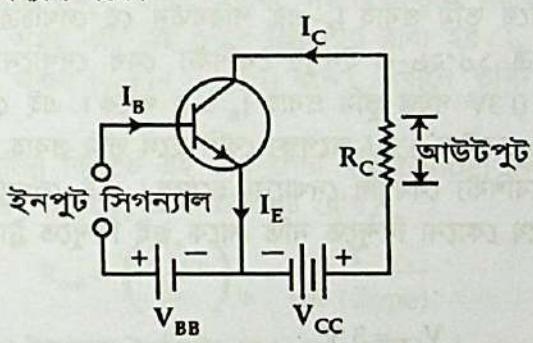
(ক) n-p-n



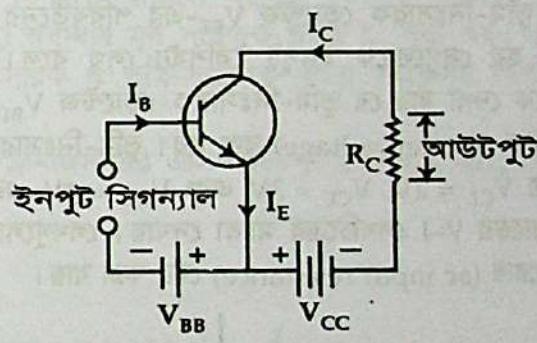
(খ) p-n-p

চিত্র ১০.২২

২। সাধারণ নিঃসারক (Common emitter, CE) : এই বিন্যাসে নিঃসারক সাধারণ বাহু হিসেবে থাকে। বর্তনীতে নিঃসারক ও পীঠ সংযোগে ইনপুট এবং নিঃসারক ও সংগ্রাহক সংযোগে আউটপুট প্রান্ত গঠিত হয়। চিত্র ১০.২৩-এ সাধারণ নিঃসারক বর্তনী দেখানো হলো। উভয় প্রান্তের সাথে নিঃসারক সংযুক্ত থাকে বলে একে সাধারণ নিঃসারক বিন্যাস বলে।



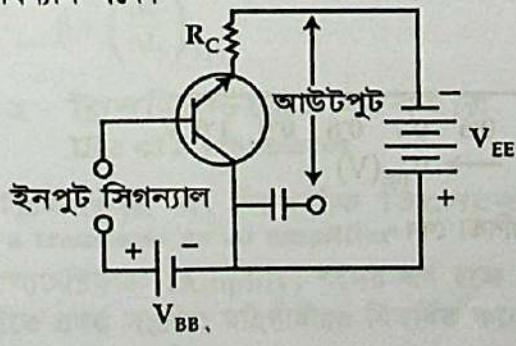
(ক) n-p-n



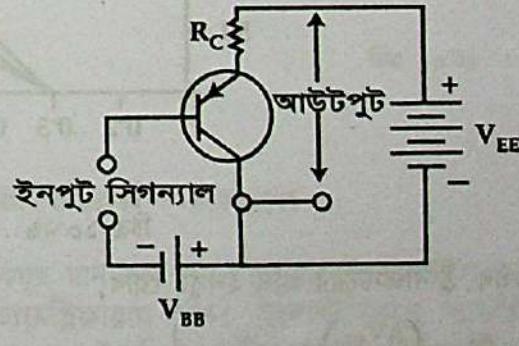
(খ) p-n-p

চিত্র ১০.২৩

৩। সাধারণ সংগ্রাহক (Common collector, CC) বিন্যাস : এই বিন্যাসে সংগ্রাহক সাধারণ বাহু হিসেবে থাকে। বর্তনীতে সংগ্রাহক ও পীঠ সংযোগে ইনপুট এবং সংগ্রাহক ও নিঃসারক সংযোগে আউটপুট প্রান্ত গঠিত হয়। চিত্র ১০.২৪-এ সাধারণ সংগ্রাহক বর্তনী দেখানো হলো। উভয় প্রান্তের সাথে সংগ্রাহক সংযুক্ত থাকে বলে একে সাধারণ সংগ্রাহক বিন্যাস বলে।



(ক) n-p-n



(খ) p-n-p

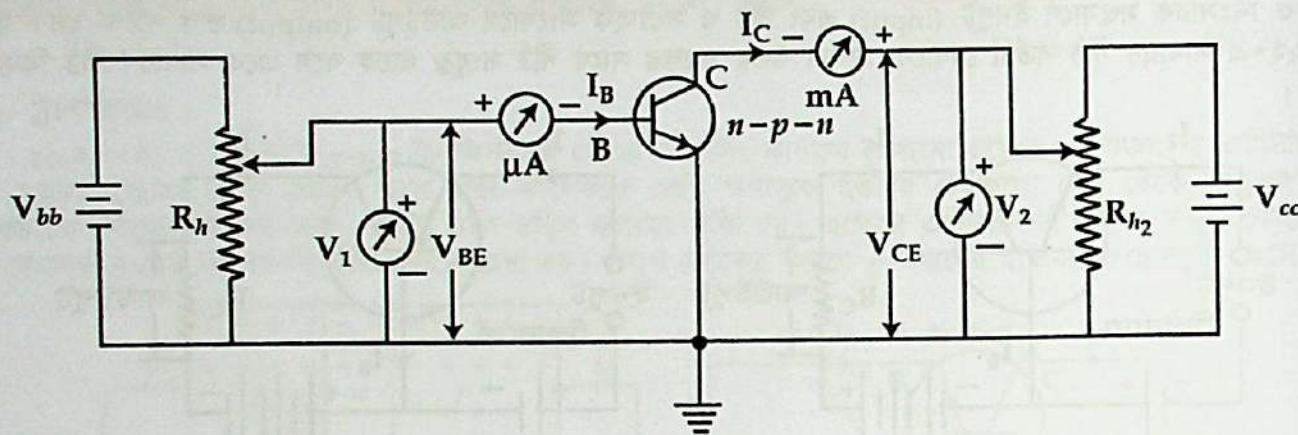
চিত্র ১০.২৪

ট্রানজিস্টোরের বৈশিষ্ট্য লেখ

Characteristic graphs of transistor

ট্রানজিস্টোরের বিভিন্ন প্রবাহমাত্রা এবং ভোল্টেজের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ককে লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এই লেখচিত্রগুলোকে ট্রানজিস্টোরের বৈশিষ্ট্য লেখ বলে।

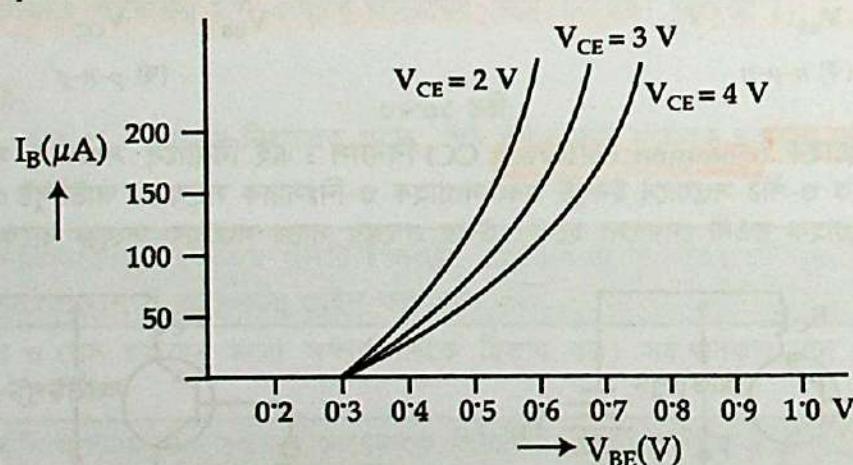
নিম্নে ট্রানজিস্টোরের সাধারণ নিঃসারক বৈশিষ্ট্য বৰ্ণনা কৰা হবে। এখনে ইনপুট ও আউটপুট টাৰ্মিনালের মধ্যে সাধারণ হিসেবে নিঃসারক থাকে। চিত্ৰ ১০.২৫-এ একটি $n-p-n$ সাধারণ নিঃসারক বৰ্তনী চিত্ৰ দেখানো হয়েছে।



চিত্ৰ ১০.২৫

ব্যাটারি V_{bb} -এর সাহায্যে ভূমি-নিঃসারক সংযোগকে সম্মুখ বায়াসে এবং V_{cc} দ্বারা ভূমি-নিঃসারক সংযোগকে বিপরীত বায়াসে রাখা হয়। বৰ্তনীতে শ্ৰেণিতে একটি মাইক্ৰোঅ্যামিটাৰ ও একটি মিলিঅ্যামিটাৰ যুক্ত কৰা হয়েছে। মাইক্ৰোঅ্যামিটাৰ দ্বারা ভূমি প্ৰবাহ I_B পরিমাপ কৰা হয় এবং মিলিঅ্যামিটাৰ দ্বারা ভূমি-নিঃসারক প্ৰবাহ I_C মাপা হয়। ভোল্টমিটাৰ V_1 ভূমি-নিঃসারক ভোল্টেজ এবং V_2 দ্বারা সংগ্রাহক-নিঃসারক ভোল্টেজ পরিমাপ কৰা হয়।

(ক) ইনপুট বৈশিষ্ট্য লেখ (Input characteristics graph) : সংগ্রাহক-নিঃসারক ভোল্টেজ V_{CE} -কে স্থিৰ মানে রেখে ভূমি-নিঃসারক ভোল্টেজ V_{BE} -এর পরিবৰ্তনের সাথে ভূমি প্ৰবাহ I_B -এর পরিবৰ্তন যে লেখচিত্রগুলো দ্বারা প্রকাশ কৰা হয় সেগুলোকে ইনপুট বৈশিষ্ট্য লেখ বলে। চিত্ৰ ১০.২৬-এ ইনপুট বৈশিষ্ট্য লেখ দেখানো হয়েছে। লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে ভূমি-নিঃসারক ভোল্টেজ $V_{BE} = 0.3V$ পৰ্যন্ত ভূমি প্ৰবাহ $I_B = 0$ থাকে। এই ভোল্টেজকে প্ৰাচীর ভোল্টেজ (barrier voltage) বলা হয়। ভূমি-নিঃসারক ভোল্টেজ $0.3V$ অপেক্ষা বেশি হলে ভূমি প্ৰবাহ I_B বাঢ়তে থাকে। চিত্ৰে $V_{CE} = 2V$, $V_{CE} = 3V$ এবং $V_{CE} = 4V$ এর বৈশিষ্ট্য লেখগুলি দেখানো হয়েছে। এই লেখগুলো সম্মুখ বায়াস ডায়োডের V-I লেখচিত্রের মতো দেখায়। লেখগুলোৰ যে কোনো বিন্দুতে নতি থেকে ওই বিন্দুতে ট্রানজিস্টোরের এসি ইনপুট রোধ (ac input resistance) বেৱ কৰা যায়।

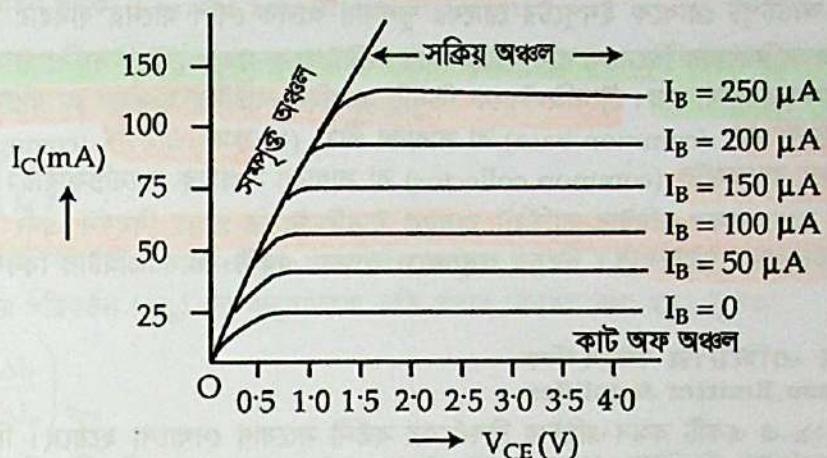


চিত্ৰ ১০.২৬ : ইনপুট বৈশিষ্ট্য লেখ।

অতএব, ট্রানজিস্টোরের এসি ইনপুট রোধ,

$$R_{in} = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \right)_{V_{CE}} = \frac{1}{\text{নতি (slope)}}$$

(খ) আউটপুট বৈশিষ্ট্য লেখ (Output characteristics graph) : স্থির ভূমি প্রবাহের জন্য সংগ্রাহক-নিঃসারক ভোল্টেজের পরিবর্তনের সাথে সংগ্রাহক প্রবাহ I_C -এর পরিবর্তন যে লেখচিত্র দ্বারা প্রকাশ করা হয় তাকে আউটপুট বৈশিষ্ট্য লেখ বলে। চিত্র ১০.২৭-এ এই বৈশিষ্ট্য লেখগুলো দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০.২৭: আউটপুট বৈশিষ্ট্য লেখ।

লেখচিত্র থেকে দেখা যায় যে V_{CE} -এর মান কম হলে V_{CE} -এর পরিবর্তনের সাথে I_C -এর মান দ্রুত বাঢ়তে থাকে; অতঃপর V_{CE} আরও বাঢ়তে থাকলে I_C -এর পরিবর্তন খুব সামান্যই হয়। চিত্রে বিভিন্ন ভূমি প্রবাহ I_B -এর জন্য V_{CE} -এর পরিবর্তনের সাথে I_C -এর পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।

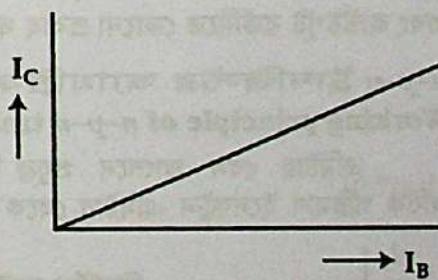
(গ) সম্পৃক্ত, সক্রিয় ও কাট অফ অঞ্চল (Saturation, active and cut off region) : চিত্র ১০.২৭ থেকে দেখা যায় যে V_{CE} -এর মান খুব কম হলে I_C -এর মান ক্রমশ বাঢ়তে থাকে। এই অংশকে সম্পৃক্ত অঞ্চল (saturation region) বলে। এই অঞ্চলে সংগ্রাহক-ভূমি ও নিঃসারক-ভূমি সংযোগ উভয়ই সম্মুখ বায়াসে থাকে। অতঃপর V_{CE} -এর মান বাঢ়লেও I_C -এর মান প্রায় স্থির থাকে। এই অংশকে সক্রিয় অঞ্চল (active region) বলে। এই অঞ্চলে নিঃসারক-ভূমি সংযোগ সম্মুখ বায়াসে এবং সংগ্রাহক-ভূমি সংযোগ বিপরীত বায়াসে থাকে। বিবর্ধক হিসেবে ট্রানজিস্টরটি ব্যবহারের সময় এটি এই অংশে ক্রিয়াশীল রাখা হয়। $I_B = 0$ অবস্থায় মূল সংগ্রাহক প্রবাহ I_C শূন্য হয়। এই অঞ্চলকে কাট অফ অঞ্চল (cut off region) বলে। এখানে ভূমি-নিঃসারক ও ভূমি-সংগ্রাহক উভয় সংযোগই বিপরীত বায়াসে থাকে।

বিভিন্ন বিন্দুতে এই লেখগুলোর নতি (slope) থেকে ট্রানজিস্টরের এসি আউটপুট রোধ (ac output resistance) পাওয়া যায়। অতএব, এসি আউটপুট রোধ,

$$R_{out} = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \right)_{I_B} = \frac{1}{\text{নতি (slope)}}$$

(ঘ) ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য লেখ (Transfer characteristics graph) : নিঃসারক-সংগ্রাহক ভোল্টেজ V_{CE} -কে স্থির মানে রেখে ভূমি প্রবাহ I_B -এর পরিবর্তনের সাথে সংগ্রাহক প্রবাহমাত্রা I_C -এর পরিবর্তনের যে লেখচিত্র পাওয়া যায় তাকে ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য লেখ বলে। চিত্র ১০.২৮-এ একটি ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য লেখ দেখানো হয়েছে। এটি একটি সরলরেখা। এর নতিকে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (current amplification factor), β বলা হয়। অতএব,

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)_{V_{CE}}$$



চিত্র ১০.২৮

১০.১২ ট্রানজিস্টরের ব্যবহার Use of a transistor

অ্যাম্প্লিফিয়ার বা বিবর্ধক হিসেবে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার Use of a transistor as an amplifier

‘অ্যাম্প্লিফাই’ (Amplify) শব্দের অর্থ হচ্ছে কিছুর মান বাঢ়ানো। যে যন্ত্র বা ডিভাইস (Device) এর অন্তর্গত প্রদত্ত সংকেত বহির্গামীতে বিবর্ধিত করে তাকে অ্যাম্প্লিফিয়ার বলে। ইলেক্ট্রনিক্সে অ্যাম্প্লিফিয়ারের বা বিবর্ধকের কাজ হচ্ছে সিগন্যালের মাত্রা (level)-কে বাড়িয়ে দেওয়া। ট্রানজিস্টর সিগন্যালকে বহুগুণ বৃদ্ধি করতে পারে বলে বিবর্ধক হিসেবে এর ব্যাপক ব্যবহার হয়। বাস্তব ক্ষেত্রে বিবর্ধনের জন্য অনেকগুলো ট্রানজিস্টর একত্রে ব্যবহার

কৰা হয়। এক্ষেত্ৰে একটিৰ বহিৰ্গামী অপৱতিৰ অন্তর্গামী হিসেবে কাজ কৰে। মাইক, আলার্ম, ইন্টারকম, ৱেডিও ইত্যাদি ক্ষেত্ৰে ট্ৰানজিস্টৰ অ্যাম্পিলিফায়াৰকে ব্যবহাৰ কৰা হয়।

ট্ৰানজিস্টৰকে দুইভাৱে বৃদ্ধি কৰতে পাৰে—(১) বেস কাৰেন্টেৰ সাহায্যে কালেক্টোৰ কাৰেন্টকে নিয়ন্ত্ৰণ কৰে এবং (২) আউটপুট রোধকে ইনপুটেৰ রোধেৰ তুলনায় অনেক বেশি মানেৰ ব্যবহাৰ কৰে।

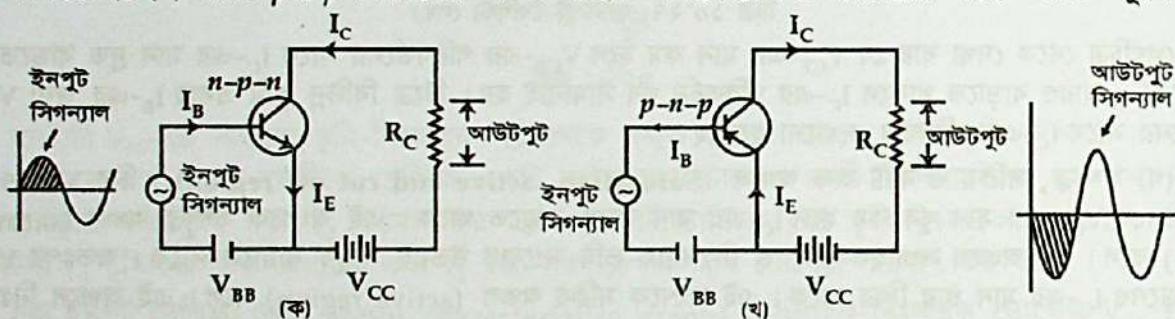
ট্ৰানজিস্টৰকে অ্যাম্পিলিফায়াৰ হিসেবে ব্যবহাৰেৰ সময় এমিটাৰকে সম্মুখ ৰৌক বা বায়াসযুক্ত এবং কালেক্টোৰকে বিপৰীত ৰৌক বা বায়াসযুক্ত রাখা হয়। ট্ৰানজিস্টৰকে তিনটি প্ৰাথমিক বৰ্তনীৰ মাধ্যমে অ্যাম্পিলিফায়াৰ হিসেবে ব্যবহাৰ কৰা হয়। যথা—(১) কমন বেস (common base) বা সাধাৱণ পীঠ, (২) কমন এমিটাৰ (common emitter) বা সাধাৱণ নিঃসারক এবং (৩) কমন কালেক্টোৰ (common collector) বা সাধাৱণ সংগ্ৰাহক অ্যাম্পিলিফায়াৰ।

তিনটি বৰ্তনীৰ মধ্যে কমন এমিটাৰ সাৰ্কিটে ব্যবহৃত ট্ৰানজিস্টৰেৰ প্ৰবাহ বিবৰণ এবং ক্ষমতা বিবৰণ অনেক বেশি হওয়ায় এৰ ব্যবহাৰ সবচেয়ে বেশি। নিচেৰ অনুচ্ছেদে আমৱা একটি কমন এমিটাৰ বিবৰণকেৰ কাৰ্যপ্ৰণালি বৰ্ণনা কৰিব।

১০.১২.১ কমন এমিটাৰ বিবৰণ

Common Emitter Amplifier

বৰ্তনী চিত্ৰ ১০.২৯-এ একটি কমন এমিটাৰ বিবৰণকেৰ বৰ্তনী সংযোগ দেখানো হয়েছে। চিত্ৰ ১০.২৯ (ক) একটি $n-p-n$ এবং ১০.২৯ (খ) একটি $p-n-p$ বিবৰণকেৰ বৰ্তনী চিত্ৰ। এখানে বেস ও এমিটাৰেৰ মধ্যে একটি দুৰ্বল ইনপুট



(ক) $n-p-n$ অ্যাম্পিলিফায়াৰ বৰ্তনী।

(খ) $p-n-p$ অ্যাম্পিলিফায়াৰ বৰ্তনী।

চিত্ৰ ১০.২৯

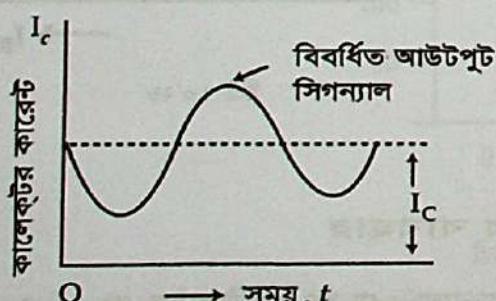
সিগন্যাল প্ৰয়োগ কৰা হয় এবং কালেক্টোৰ ও এমিটাৰেৰ মধ্য থেকে আউটপুট নেয়া হয়। কালেক্টোৰ বৰ্তনীতে সংযুক্ত রোধ R_C থেকে বহিৰ্গামী সংকেত গ্ৰহণ কৰা হয়। যেহেতু ইনপুট এবং আউটপুট উভয় ক্ষেত্ৰে এমিটাৰ কমন (common), তাই এৰ নামকৱণ কমন এমিটাৰ বিবৰণ।

ভালো বিবৰণ পাওয়াৰ জন্য এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ ছাড়াও এখানে একটি ব্যাটাৰি (V_{BB}) সাৰ্কিটে ব্যবহাৰ কৰা হয়েছে। এই ডি. সি. ভোল্টেজকে বলা হয় বায়াস ভোল্টেজ; এবং এৰ মান এমন হয় যেন এসি সিগন্যালেৰ ঝণাঝক অৰ্ধেকেৰ সময় এমিটাৰ বেস জাংশন সম্মুখ ৰৌকে থাকে। তা না হলে এমিটাৰ বেস জাংশন বিপৰীত ৰৌক প্ৰাপ্ত হবে এবং আউটপুট বৰ্তনীতে কোনো প্ৰবাহ থাকবে না, ফলে অ্যাম্পিলিফায়াৰ বিশ্বস্ততা হারাবে।

$n-p-n$ ট্ৰানজিস্টৰ অ্যাম্পিলিফায়াৰেৰ কাৰ্যপ্ৰণালি

Working principle of $n-p-n$ transistor amplifier

এমিটাৰ বেস জাংশনে প্ৰযুক্তি সিগন্যালেৰ ধনাত্মক অৰ্ধাংশেৰ সময় জাংশনটিৰ সম্মুখ ৰৌক বৃদ্ধি পায়। ফলে অধিক পৱিমাণ ইলেক্ট্ৰন এমিটাৰ থেকে বেসেৰ মধ্য দিয়ে কালেক্টোৰে প্ৰবাহিত হয় এবং কালেক্টোৰ প্ৰবাহ বৃদ্ধি পায়।



চিত্ৰ ১০.৩০

এই বৰ্ধিত কালেক্টোৰ প্ৰবাহ (I_C) কালেক্টোৰেৰ ভাৱ রোধ ($load resistance$) R_C -তে অধিক পৱিমাণে বিভৱ পতন (voltage drop) ঘটায়। অৰ্ধাংশ বহিৰ্গামীতে অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

সিগন্যালেৰ ঝণাঝক অৰ্ধাংশেৰ জন্য এমিটাৰ বেস জাংশনেৰ সম্মুখ ৰৌক কমে যায় ফলে কালেক্টোৰ প্ৰবাহেৰ যাত্রাও কমে যায়। কালেক্টোৰ প্ৰবাহ কম হওয়ায় বৰ্তনীৰ আউটপুট ভোল্টেজ (output voltage) কম হয় তবে তা ইনপুট সিগন্যাল থেকে বেশি হয়। এভাবে ট্ৰানজিস্টৰ দুৰ্বল ইনপুট সিগন্যালকে বিবৰিত আউটপুট সিগন্যালে পৱিণত কৰে। এই বিবৰিত আউটপুটেৰ এবং ইনপুটেৰ মধ্যে দশা পাৰ্শ্বক্য 180° হয়। চিত্ৰ ১০.৩০-এ কালেক্টোৰেৰ সম্পূৰ্ণ প্ৰবাহ সময়েৰ সঙ্গে পৱিবৰ্তন দেখানো হয়েছে।

কমন এমিটার বিবর্ধকের বিভিন্ন ধরনের বিবর্ধন Different gains in common emitter amplifier

কমন এমিটার বিবর্ধকের বিভিন্ন ধরনের বিবর্ধন রয়েছে। এগুলো নিম্নে আলোচনা করা হলো :

(i) প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (Current amplification factor) :

(ক) ডিসি প্রবাহ বিবর্ধন (dc current amplification, β_{dc}) : V_{CE} স্থির থাকলে, সংগ্রাহক প্রবাহ I_C ও ভূমি প্রবাহ I_B -এর অনুপাতকে DC প্রবাহ বিবর্ধন বলে। সূতরাং,

$$\beta_{dc} = \left(\frac{I_C}{I_B} \right)_{V_{CE}} \dots \dots \dots \quad (10.4)$$

(খ) এসি প্রবাহ বিবর্ধন (ac current amplification, β_{ac}) : V_{CE} স্থির থাকলে সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন (ΔI_C) ও ভূমি প্রবাহের পরিবর্তন (ΔI_B)-এর অনুপাতকে এসি প্রবাহ বিবর্ধন বলা হয়। সূতরাং,

$$\beta_{ac} = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)_{V_{CE}} \dots \dots \dots \quad (10.5)$$

(ii) এসি ভোল্টেজ বিবর্ধন (ac voltage amplification, A_V) : আউটপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন এবং ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তনের অনুপাতকে এসি ভোল্টেজ বিবর্ধন বলা হয়। একে A_V দ্বারা সূচিত করা হয়। অতএব,

$$\begin{aligned} A_V &= \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{in}} = \frac{\Delta I_C \times R_L}{\Delta I_B \times R_{in}} \\ &= \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right) \left(\frac{R_L}{R_{in}} \right) \\ &= \beta_{ac} \times \left(\frac{R_L}{R_{in}} \right) \dots \dots \dots \quad (10.6) \end{aligned}$$

এখানে R_L ও R_{in} যথাক্রমে আউটপুট ও ইনপুট রোধ।

(iii) এসি ক্ষমতা বিবর্ধন (ac power amplification, A_p) : আউটপুট ক্ষমতার পরিবর্তন ও ইনপুট ক্ষমতার পরিবর্তনের অনুপাতকে এসি ক্ষমতা বিবর্ধন বলা হয়। একে A_p দ্বারা সূচিত করা হয়। অতএব,

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{\Delta V_{CE} \times \Delta I_C}{\Delta V_{in} \times \Delta I_B} = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{in}} \right) \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right) \\ &= A_V \times \beta_{ac} \dots \dots \dots \quad (10.7) \end{aligned}$$

আবার,

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{\Delta I_C^2 \times R_L}{\Delta I_B^2 \times R_{in}} = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)^2 \times \left(\frac{R_L}{R_{in}} \right) \\ &= \beta_{ac}^2 \times \text{রোধের বিবর্ধন} \dots \dots \dots \quad [10.7(a)] \end{aligned}$$

গাণিতিক উদাহরণ ১০.২

১। একটি কমন এমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফিকেশনের আউটপুট রোধ 550 k Ω এবং প্রবাহ বিবর্ধন 55। যদি অ্যাম্প্লিফিকেশনের ইনপুট রোধ 250 Ω হয়, তবে অ্যাম্প্লিফিকেশনের ক্ষমতা বিবর্ধন কত?

আমরা জানি, ক্ষমতা বিবর্ধন,

$$\begin{aligned} A_p &= \beta^2 \times \frac{R_{out}}{R_{in}} \\ \therefore A_p &= (55)^2 \times \frac{550 \times 10^3}{250} \\ &= 6.655 \times 10^6 \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} R_{out} &= 550 \text{ k}\Omega = 550 \times 10^3 \Omega \\ \beta &= 55 \\ R_{in} &= 250 \Omega \\ A_p &=? \end{aligned}$$

২। একটি সিলিকন ট্রানজিস্টরের ইনপুট রোধ 125Ω । ভূমি প্রবাহ $I_B = 30 \mu\text{A}$ পরিবর্তন করলে, সংগ্রাহক প্রবাহে পরিবর্তন 3.0 mA হয়। ওই ট্রানজিস্টরের লোড রোধ, $R_L = 5 \text{ k}\Omega$ হলে, অ্যামপ্লিফায়ারটির ভোল্টেজ বিবর্ধন নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}}$$

আবার,

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{3 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-6}} = 100$$

$$\text{এবং } A_V = \beta \times \frac{R_L}{R_{in}}$$

$$\therefore A_V = 100 \times \frac{5 \times 10^3}{125} = 4000 = 4 \times 10^3$$

৩। একটি কমন এমিটার অ্যামপ্লিফায়ারে $2 \text{ k}\Omega$ সংগ্রাহক রোধের দুই প্রান্তে ভোল্টেজের মান $3V$ পাওয়া গেল। যদি প্রবাহ বিবর্ধন গুণক β এবং ভূমির রোধ যথাক্রমে 150 ও 500Ω হয়, তবে ইনপুট ভোল্টেজ ও ভূমি প্রবাহ কত?

আমরা জানি,

ভোল্টেজ বিবর্ধন গুণক,

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \beta \frac{R_L}{R_{in}} = \beta \frac{R_C}{R_B}$$

$$\therefore V_i = \frac{V_o R_B}{\beta R_C} = \frac{3 \times 500}{150 \times 2 \times 10^3}$$

$$= 5 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$\text{এবং } I_B = \frac{V_i}{R_B} = \frac{5 \times 10^{-3}}{500} = 1 \times 10^{-5} \text{ A} = 10 \mu\text{A}$$

৪। একটি সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধকের প্রবাহ লাভ 70 হয় যদি নিঃসারক প্রবাহ 8.8 mA হয়। তাহলে সংগ্রাহক এবং পীঠ প্রবাহের মান নির্ণয় কর। ট্রানজিস্টরটি যখন সাধারণ পীঠ বিবর্ধক হিসেবে কাজ করে, তখন প্রবাহ বিবর্ধন গুণক কত?

[BUET Admission Test, 2016-17]

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 70$$

$$\text{আবার, } I_C = I_E - I_B = I_E - \frac{I_C}{\beta}$$

$$\text{বা, } I_C \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) = I_E$$

$$\text{বা, } I_C \left(1 + \frac{1}{70} \right) = 8.8 \times 10^{-3}$$

$$\text{বা, } I_C = \frac{8.8 \times 10^{-3} \times 70}{71}$$

$$= 8.676 \times 10^{-3} \text{ A} = 8.676 \text{ mA}$$

$$\text{এবং } I_B = I_E - I_C = 8.8 - 8.676 = 0.124 \text{ mA}$$

আবার, প্রবাহ বিবর্ধক গুণক,

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{8.676}{8.8}$$

$$= 0.986$$

এখানে,

$$R_{in} = 125 \Omega$$

$$\Delta I_B = 30 \mu\text{A} = 30 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$\Delta I_C = 3.0 \text{ mA} = 3 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_L = 5 \text{ k}\Omega = 5 \times 10^3 \Omega$$

এখানে,

$$V_o = 3V$$

$$\beta = 150$$

$$R_C = 2 \text{ k}\Omega = 2 \times 10^3 \Omega$$

$$R_B = 500 \Omega$$

$$\alpha = ?$$

$$I_B = ?$$

৫। কোনো ট্রানজিস্টর 8.0 mA নিঃসারক প্রবাহ পরিবর্তনের জন্য 7.9 mA সংগোড়ক প্রবাহের পরিবর্তন ঘটলো।
প্রবাহ বিবর্ধক গুণক α এবং কারেন্ট গেইন β বের কর। [KUET Admission Test, 2003–04]

আমরা জানি,

$$\Delta I_B = \Delta I_E - \Delta I_C = 8 - 7.9 = 0.1 \text{ mA}$$

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{7.9}{8} = 0.9875$$

$$\text{এবং } \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{7.9}{0.1} = 79$$

এখানে,

$$\Delta I_E = 8.0 \text{ mA}$$

$$\Delta I_C = 7.9 \text{ mA}$$

$$\alpha = ?$$

$$\beta = ?$$

৬। কোনো কমন বেস ট্রানজিস্টরের বেস কারেন্ট ও অ্যামিটার কারেন্ট যথাক্রমে $5 \times 10^{-4} \text{ Amp}$ ও 10^{-3} Amp ।
কালেক্টর কারেন্ট ও কারেন্ট গেইন ফ্যাক্টর α নির্ণয় কর। [RUET Admission Test, 2008–09]

আমরা জানি,

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_C = I_E - I_B$$

$$= 10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$$

$$= 5 \times 10^{-4} \text{ amp}$$

$$\therefore \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{5 \times 10^{-4}}{10^{-3}} = 0.5$$

এখানে,

$$I_B = 5 \times 10^{-4} \text{ A}$$

$$I_E = 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_C = ?$$

$$\alpha = ?$$

প্রবাহ লাভ

Current gain

সাধারণ নিঃসারক বিন্যাসের বেলায় বা কমন এমিটার বিবর্ধকে ইনপুট কারেন্ট হলো I_B এবং আউটপুট কারেন্ট I_C । I_B এর সামান্য পরিবর্তনের জন্য I_C -এর যে পরিবর্তন হয় তাকে প্রবাহ লাভ (β) বলে। অর্থাৎ V_{CE} খুব থাকলে I_C এর পরিবর্তন ΔI_C এবং I_B এর পরিবর্তন ΔI_B এর অনুপাতকে বলা হয় প্রবাহ লাভ। সূতরাং

$$\text{প্রবাহ লাভ, } \beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right) V_{CE} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.8)$$

তোল্টেজ লাভ

Voltage gain

অ্যাম্প্লিফিয়ারের বহির্গামী তোল্টেজের (ΔV_{CE}) পরিবর্তন এবং অন্তর্গামী তোল্টেজের (ΔV_{BE}) পরিবর্তনের অনুপাতকে তোল্টেজ লাভ বলে। অর্থাৎ

$$\begin{aligned} \text{তোল্টেজ লাভ, } V_A &= \frac{V_0}{V_{in}} = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}} \\ &= \frac{\Delta I_C \times R_L}{\Delta I_B \times R_i} \\ &= \frac{\Delta I_C \times R_L}{\Delta I_B} = \beta \times \frac{R_L}{R_i} \quad \left(\because \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right) \end{aligned}$$

ক্ষমতা লাভ

Power gain

বহির্গামী সিগন্যালের ক্ষমতা ও অন্তর্গামী সিগন্যালের ক্ষমতার অনুপাতকে অ্যাম্প্লিফিয়ারের ক্ষমতা লাভ বলে।
অর্থাৎ

$$\text{ক্ষমতা লাভ, } P_A = \frac{P_0}{P_i}$$

$$\text{আবার, } P = I^2 R$$

$$\therefore P_0 = (\Delta I_C)^2 \times R_L$$

$$\text{এবং } P_i = (\Delta I_B)^2 \times R_i$$

$$\therefore P_A = \frac{(\Delta I_C)^2 \times R_L}{(\Delta I_B)^2 \times R_i} = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)^2 \times \frac{R_L}{R_i} = (\beta)^2 \times \frac{R_L}{R_i}$$

$$= \beta \times \beta \times \frac{R_L}{R_i}$$

$\therefore \text{ক্ষমতা লাভ} = \text{প্রবাহ লাভ} \times \text{ভোল্টেজ লাভ।}$

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক

Current amplification factor

সাধারণ পীঠ বা কমন বেস বিবর্ধকের ক্ষেত্রে ইনপুট কারেন্ট I_E এবং আউটপুট কারেন্ট I_C । I_E -এর সামান্য পরিবর্তনের জন্য I_C -এর যে পরিবর্তন হয় তাকে প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (α) বলে। সংগ্রহক পীঠ ভোল্টেজ V_{CB} এবং থাকলে I_C ও I_E এর অনুপাতকে কারেন্ট বিবর্ধন গুণক বলে।

$$\begin{aligned} \text{অর্থাৎ } \alpha &= \left(\frac{I_C}{I_E} \right) V_{CB} \\ &= \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right) V_{CB} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \end{aligned} \quad (10.9)$$

α এবং β -এর মধ্যে সম্পর্ক

সমীকরণ (10.3) হতে পাই,

$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ \text{বা, } \Delta I_E &= \Delta I_B + \Delta I_C \\ \text{বা, } \Delta I_B &= \Delta I_E - \Delta I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \end{aligned} \quad (10.10)$$

সমীকরণ (10.8) অনুসারে,

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \\ \text{বা, } \beta &= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E - \Delta I_C} = \frac{\Delta I_C / \Delta I_E}{1 - \Delta I_C / \Delta I_E} \\ &= \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad [\because \alpha = \Delta I_C / \Delta I_E] \quad \dots \quad \dots \quad \dots \end{aligned} \quad (10.11)$$

জানার বিষয় : সাধারণ ভূমি সংযোগে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের চেয়ে সাধারণ নিঃসারক সংযোগে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন এবং ক্ষমতা বিবর্ধন অনেক বেশি হওয়ায় সাধারণ নিঃসারক সংযোগই বেশি গ্রহণযোগ্য।

কাজ : ট্রানজিস্টরের বেস অংশ পাতলা করে তৈরি করা হয় কেন ?

ট্রানজিস্টরের মাঝে থাকে বেস আর দুই পাশে থাকে ইমিটার ও কালেক্টর। বেস অংশ হালকা করে তৈরি করা হয় যাতে ইমিটার থেকে আসা অধিকাংশ চার্জ বাহক এ অংশ ভেদ করে কালেক্টর অংশে চলে যেতে পারে।

হিসাব : একটি কমন বেস সংযোগে কারেন্ট বিবর্ধন ফ্যাক্টর হলো ০.৯ এবং এমিটার কারেন্ট 1 mA হলে বেস কারেন্ট কত ?

এখানে, $\alpha = 0.9$, $I_E = 1 \text{ mA}$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \text{ থেকে } I_C \text{ নির্ণয় করতে হবে।}$$

এরপর $I_E = I_B + I_C$ সমীকরণে $I_E = 1 \text{ mA}$ ও উপরের প্রাপ্ত I_C এর মান বসিয়ে I_B নির্ণয় করা হয়।

১০.১২.২ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফিকেশনের ব্যবহার

- (১) ইটারকমে ব্যবহার করা হয়।
- (২) অ্যালার্ম সার্কিটে ব্যবহার করা হয়।
- (৩) রেডিওতে ব্যবহার করা হয়।
- (৪) মাইকে ব্যবহার করা হয়।

১০.১২.৩ অন্তর্গামী ও বহির্গামী রোধ

ট্রানজিস্টর অ্যাম্পিফিয়ারের কর্মক্ষমতা মূলত নির্ভর করে অন্তর্গামী রোধ (R_i); বহির্গামী রোধ (R_o), তার রোধ (R_L), প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক (α), প্রবাহ লাভ (β), ভোল্টেজ লাভ (V_A) এবং ক্ষমতা লাভ P_A এর ওপর।

অন্তর্গামী রোধ (Input resistance) : ধ্রুব কালেষ্টের ইমিটারে ভোল্টেজের (V_{CE}) বেস-ইমিটার ভোল্টেজের সামান্য পরিবর্তন (ΔV_{BE}) এবং এর ফলে বেস প্রবাহের পরিবর্তনের (ΔI_B) অনুপাতকে অন্তর্গামী রোধ বা গতীয় রোধ (R_D) বলে। অর্থাৎ

অন্তর্গামী রোধ $R_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$, অ্যাম্পিফিয়ারের রোধ ইমিটার-বেস ΔI_B সম্মুখী ঝোকে থাকার কারণে অন্তর্গামী রোধের মান খুব কম হয়।

বহির্গামী রোধ (Output resistance) : ধ্রুব বেস প্রবাহে কালেষ্টের-ইমিটার ভোল্টেজের পরিবর্তন (ΔV_{CE}) এবং এর ফলে কালেষ্টের প্রবাহের পরিবর্তনের (ΔI_C) অনুপাতকে বহির্গামী রোধ বলে। অর্থাৎ

$$\text{বহির্গামী রোধ}, R_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$$

অ্যাম্পিফিয়ারের কালেষ্টের ইমিটার - কালেষ্টের বিপরীত ঝোকে থাকার জন্য বহির্গামী রোধ উচ্চ মানের হয়।

গাণিতিক উদাহরণ ১০.৩

১। ট্রানজিস্টর-এর সাধারণ পীঠ সংযোগে রয়েছে। এর নিঃসারক প্রবাহ 0.85 mA এবং পীঠ প্রবাহ 0.05 mA । প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α ও β -এর মান বের কর।

[স. বো. ২০১০, ২০০৫; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৮;
কু. বো. ২০০২; RUET Admission Test, 2007-08]

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} I_E &= I_C + I_B \\ I_C &= I_E - I_B = (0.85 - 0.05) \text{ mA} \\ &= 0.80 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{এখন}, \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.80}{0.85} = 0.94$$

$$\text{এবং } \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.80}{0.05} = 16$$

২। কোনো ট্রানজিস্টরের কমন বেস সার্কিটে এমিটার কারেন্ট $100 \mu\text{A}$ থেকে $150 \mu\text{A}$ -এ উন্নীত করায় কালেষ্টের কারেন্ট $98 \mu\text{A}$ থেকে $147 \mu\text{A}$ -এ উন্নীত হলো। এক্ষেত্রে কারেন্ট এ্যাম্পিফিকেশন ফ্যাট্টের নির্ণয় কর।

[য. বো. ২০০৬]

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \\ &= \frac{49 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-6}} = 0.98 \end{aligned}$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \Delta I_E &= 150 \mu\text{A} - 100 \mu\text{A} = 50 \mu\text{A} \\ &= 50 \times 10^{-6} \text{ A} \\ \Delta I_C &= 147 \mu\text{A} - 98 \mu\text{A} = 49 \mu\text{A} \\ &= 49 \times 10^{-6} \text{ A} \\ \alpha &= ? \end{aligned}$$

৩। একটি ট্রানজিস্টরের নিম্নলিখিত রাশিগুলি পরিমাপ করা হলো। $I_C = 5 \text{ mA}$; $I_B = 100 \mu\text{A}$ । ট্রানজিস্টরের α , β এবং I_E -এর মান বের কর।

[রা. বো. ২০০৭]

$$\text{আমরা জানি}, \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\begin{aligned} \text{সূতরাং, প্রশ্নানুসারে}, \beta &= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ A}}{100 \times 10^{-6} \text{ A}} \\ &= \frac{5 \times 10^{-3} \text{ A}}{0.1 \times 10^{-3} \text{ A}} = 50 \end{aligned}$$

দেওয়া আছে,

$$\begin{aligned} I_C &= 5 \text{ mA} = 5 \times 10^{-3} \text{ A} \\ I_B &= 100 \mu\text{A} \\ &= 0.1 \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{আবার, } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\text{বা, } 50 = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

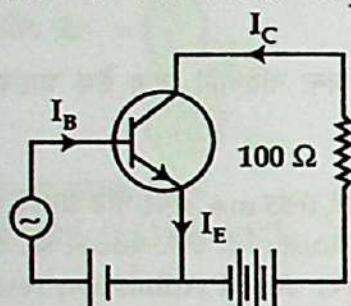
$$\text{বা, } 50 - 50\alpha = \alpha$$

$$\text{বা, } -51\alpha = -50$$

$$\therefore \alpha = \frac{50}{51} = 0.98$$

$$\text{এখন, } I_E = I_B + I_C = 100 \mu\text{A} + 5 \text{ mA} \\ = 0.1 \text{ mA} + 5 \text{ mA} = 5.1 \text{ mA}$$

৪। একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টরকে কমন অ্যামিটার সংযোগ করে বেস অ্যামিটার জাঞ্চনে $0.75V$ বিভব প্রয়োগে বেস প্রবাহ 8 mA এবং $1.15V$ বিভব প্রয়োগে বেস প্রবাহ 22 mA পাওয়া গেল। এজন্য বহিঃবর্তনীতে 100Ω লোড রোধের বিপরীতে অ্যামিটার প্রবাহের পরিবর্তন 16 mA পাওয়া গেল। প্রবাহ বিবর্ধক গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।



আমরা জানি, প্রবাহ বিবর্ধক গুণাঙ্ক

$$\alpha = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \right)_{V_{CB}} \text{ এবং}$$

$$\Delta I_C = \Delta I_E - \Delta I_B = (16 - 14) \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\therefore \alpha = \left(\frac{2 \times 10^{-3}}{16 \times 10^{-3}} \right) = 0.125$$

৫। একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টরকে সাধারণ নিঃসারক বর্তনীতে রাখা আছে। ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভ, $\beta=100$ । সংশ্লিষ্ট প্রবাহ 1 mA পরিবর্তিত হলে নিঃসারক প্রবাহের পরিবর্তন কত হবে ?

আমরা জানি,

$$\text{প্রবাহ লাভ, } \beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right)_{V_{CE}}$$

$$\text{অর্থাৎ, } \Delta I_B = \frac{\Delta I_C}{\beta} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mA}$$

$$\therefore \Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B = 1 + 0.01 = 1.01 \text{ mA}$$

৬। একটি ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে $\alpha = 0.95$ এবং $I_E = 1 \text{ mA}$ হলে I_C , I_B ও β এর মান কত হবে ?

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ এবং}$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$\therefore I_C = \alpha \times I_E = 0.95 \times 1 = 0.95 \text{ mA}$$

$$\text{আবার, } I_B = I_E - I_C = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mA}$$

$$\therefore \beta = \frac{0.95}{0.05} = 19$$

এখানে,

বেস প্রবাহের পরিবর্তন,

$$\Delta I_B = (22 - 8) \times 10^{-3} \text{ A} = 14 \times 10^{-3} \text{ A}$$

অ্যামিটার প্রবাহের পরিবর্তন,

$$\Delta I_E = 16 \text{ mA}$$

এখানে,

$$\beta = 100$$

$$\Delta I_C = 1 \text{ mA}$$

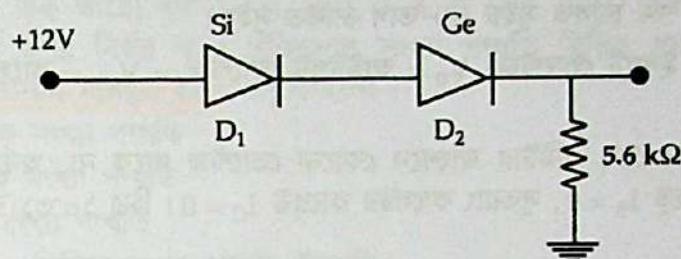
এখানে

$$\alpha = 0.95$$

$$I_E = 1 \text{ mA}$$

$$\beta = ?$$

৭। নিচের চিত্রে Si ও Ge ডায়োড দুটির নী-ভোল্টেজ যথাক্রমে $0.7V$ এবং $0.3V$ । $5.6\text{ k}\Omega$ রোধের মধ্য দিয়ে
কত তড়িৎ প্রবাহিত হবে ? Ge ডায়োডটি উন্টো করে সংযোগ দিলে রোধটির দুই প্রান্তের বিভব পার্শ্বক্ষ কত হবে ?
[ব. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৫]



১ম অংশ :

যেহেতু D_1 এবং D_2 সম্পূর্ণ বৌকে সংযুক্ত, সূতরাং বর্তনীর মোট ভোল্টেজ, $V = 12 - 0.7V - 0.3V = 11\text{ Volt}$
আবার, বর্তনীর রোধ, $R = 5.6\text{ k}\Omega = 5.6 \times 10^3\text{ }\Omega$

$$\therefore R \text{ রোধের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুৎ, } I = \frac{V}{R} = \frac{11}{5.6 \times 10^3} = 1.96\text{ mA}$$

২য় অংশ :

Ge কে উন্টো করে লাগালে বিপরীত বৌক প্রাপ্ত হবে। তখন বর্তনী তথা $5.6\text{ k}\Omega$ রোধের মধ্য দিয়ে কোনো
প্রবাহ চলে না।

$$\therefore \text{রোধের দুই প্রান্তে বিভব পার্শ্বক্ষ } V' = IR = 0 \times 5.6 \times 10^3 = 0\text{ Volt}$$

৮। একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টরের সংগ্রাহক প্রবাহ 8 mA । যদি নিঃসৃত ইলেক্ট্রনগুলির 99.6% সংগ্রাহকে
পৌঁছায়, তাহলে নিঃসারক প্রবাহ, ভূমি প্রবাহ ও বিবর্ধন গুণাঙ্ক (β) নির্ণয় কর।

প্রশ্নানুসারে,

$$\text{সংগ্রাহক প্রবাহ, } I_C = 99.6\% = \frac{966}{1000}$$

$$\text{নিঃসারক প্রবাহ, } I_E = I_C \times \frac{1000}{996} = 8 \times \frac{1000}{996} = 8.032\text{ mA}$$

আমরা জানি,

$$\text{ভূমি প্রবাহ, } I_B = I_E - I_C = 8.032 - 8 \\ = 0.032\text{ mA}$$

এখানে

$$I_C = 8\text{ mA}$$

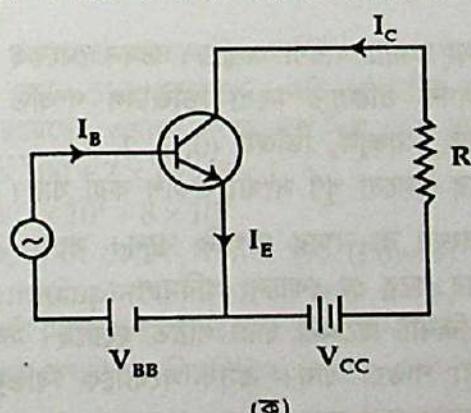
$$\text{বিবর্ধন গুণাঙ্ক, } \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{8}{0.032} = 250$$

১০.১৩ সুইচ হিসেবে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার

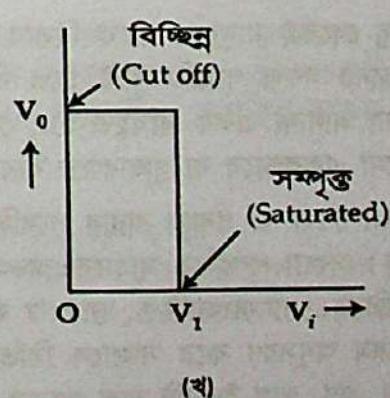
Use of Transistor as switch

যে কোনো আদর্শ সুইচকে ‘অন’ (On) করলে সেটি একটি সর্ট সার্কিট (short circuit) এবং ‘অফ’ (Off) করলে
একটি ওপেন সার্কিট (Open circuit) তৈরি হয়। এছাড়া নিমিমেই এই আদর্শ সুইচ ‘অফ’ অবস্থা থেকে ‘অন’ অবস্থায়
বা ‘অন’ অবস্থা থেকে ‘অফ’ অবস্থায় চলে যেতে পারে।

একটি ট্রানজিস্টরের আদর্শ সুইচের শর্তগুলো সঠিকভাবে পূরণ না করলেও সুইচ হিসেবে বিভিন্ন ইলেক্ট্রনিক
বর্তনীতে এর বহুল ব্যবহার রয়েছে। ট্রানজিস্টরে বেস বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ না চালালে কালেক্টর বর্তনীতে কোনো



(ক)



(খ)

তড়িৎ প্ৰবাহ চলে না। সুতৰাং ট্ৰানজিস্টৱকে সুইচ হিসেবে ব্যবহাৰ কৰা যায় যা বেস প্ৰবাহেৰ পৱিবৰ্তন ঘটিয়ে ‘অন’ ‘অফ’ কৰা যেতে পাৰে। চিত্ৰ নং ১০.৩১(ক)-এ একটি “*p-p*” ট্ৰানজিস্টৱ সাধাৰণ এমিটাৰ সংযোগে দেখানো হয়েছে। এটি একটি সুইচ বৰ্তনী হিসেবে কাজ কৰে। ট্ৰানজিস্টৱ ব্যবহাৰ কৰে বিভিন্ন ধৰনেৰ সুইচ তৈৰি কৰা সম্ভব। যেমন—
(ক) আলোক চালিত সুইচ (খ) শব্দ চালিত সুইচ (গ) তাপ চালিত সুইচ।

কাৰ্যনীতি : চিত্ৰে $V_i =$ ইনপুট ভোল্টেজ, $V_0 =$ আউটপুট ভোল্টেজ $= V_{CE} =$ কালেষ্টৱ ও এমিটাৰেৰ মধ্যে বিভব পাৰ্শক্য।

(i) যখন $V_i = 0$, তখন বেস এমিটাৰ জাংশনে কোনো ভোল্টেজ থাকে না, অৰ্থাৎ $V_{BE} = 0$ হয়। ফলে বেস কাৰেন্ট $I_B = 0$ হয়। এখন যেহেতু $I_B = 0$, সুতৰাং কালেষ্টৱ কাৰেন্ট $I_C = 0$ । চিত্ৰ ১০.৩১(ক) হতে আমৱা পাই,

$$V_0 = V_S - I_C R_L \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (10.12)$$

এখন যেহেতু $I_C = 0$, যখন $V_i = 0$

$$\therefore V_0 = V_S, V_S = \text{সৱবৱাহ ভোল্টেজ}$$

(ii) V_i কে আস্তে আস্তে বৃদ্ধি কৰলে এবং যতক্ষণ পৰ্যন্ত $V_i > V_1$ অৰ্থাৎ $V_i \leq V_1$, ততক্ষণ বেস কাৰেন্ট I_B খুবই সামান্য বৃদ্ধি পায়; I_C ও সামান্য বৃদ্ধি পায়। এই অবস্থায় ট্ৰানজিস্টৱটি বিছিন্ন বা অফ (Cut-off) রয়েছে বলা হয়। তখন $I_C = 0$ ।

(iii) এখন V_i বৃদ্ধি পেয়ে V_2 হলে, কালেষ্টৱ কাৰেন্ট উল্লেখযোগ্য পৱিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং সে অবস্থায় R_L এৰ মধ্যে বিভব পতন প্ৰায় সৱবৱাহ ভোল্টেজ V_S এৰ সমান হয়। সমীকৰণ (10.12) অনুসাৱে তখন $V_0 = 0$ হয়। ইনপুট ভোল্টেজ V_i এৰ মান V_2 এৰ বেশি হলে I_C এৰ তেমন একটা পৱিবৰ্তন ঘটে না বিধায় আউটপুট ভোল্টেজ V_0 এৰ ওপৱ কোনো প্ৰভাৱ পড়ে না। এই অবস্থায় ট্ৰানজিস্টৱটি সম্পৃক্ত (Saturated) হয়েছে বলা হয়।

সুতৰাং দেখা যায় যে ইনপুট ভোল্টেজ পৱিবৰ্তন কৰে ট্ৰানজিস্টৱটি দুটি অবস্থানে পৱিবৰ্তন কৰা যায়। একটি বিছিন্ন (cut off) অবস্থা ($V_0 = V_S$) এবং অন্যটি সম্পৃক্ত (saturated) অবস্থা ($V_0 = 0$)। ট্ৰানজিস্টৱেৰ এই চালু এবং বৰ্ধ (on and off) অবস্থা ডিজিটাল কম্পিউটাৰে ব্যবহৃত হয়। একটি ট্ৰানজিস্টৱ প্ৰতি সেকেন্ডে বহু লক্ষবাৰ অবস্থা পৱিবৰ্তন কৰতে পাৰে। এক সুইচেৰ আউটপুটকে অন্য সুইচেৰ ইনপুট হিসেবে ব্যবহাৰ কৰা যায় এবং বহু সংখ্যক সুইচকে যুক্ত কৰে অতি দ্রুততাৰ সঙ্গে জটিল গাণিতিক হিসাব সম্পন্ন কৰা যায়।

সম্প্ৰসাৱিত কাজ : আলোক চালিত ডায়োড বা Light operated switch কীভাৱে কাজ কৰে ?

প্ৰত্যেকটি সুইচ সাৰ্কিটে পীঠ বৰ্তনীতে তড়িৎ প্ৰবাহেৰ জন্য একটি বিভব বিভাজক ব্যবহাৰ কৰা হয়। এই সুইচ সাৰ্কিটে সংযুক্ত বাল্টি আলোৰ উপস্থিতিতে জুলে এবং অন্ধকাৰে নিতে যায়। এই কাজটি LDR (Light Dependent Register) বা ফটো রেজিস্টাৱেৰ দ্বাৱা কৰা হয়। যখন আলো থাকে না তখন এটি $1 \mu\Omega$ রোধ প্ৰাপ্ত হয় ফলে উৎস ভোল্টেজেৰ সামান্য অংশ বৰ্তনীতে যুক্ত রোধক R এৰ দুই পাত্রে পাওয়া যায়। ফলে বেস কাৰেন্ট খুব কম হয় এবং ট্ৰানজিস্টৱ অফ অবস্থায় থাকে। আবাৰ আলোৰ উপস্থিতিতে LDR এৰ রোধ কয়েক শত ও'ম হয়। ফলে R এৰ দুই পাত্রেৰ ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায় এবং বেস কাৰেন্টও বৃদ্ধি পায় ফলে ট্ৰানজিস্টৱ অন হয় এবং আলো জুলে ওঠে। এভাৱে ট্ৰানজিস্টৱ সুইচ হিসেবে কাজ কৰে।

১০.১৪ সংখ্যা বা নম্বৰ পদ্ধতি

Number System

সভ্যতাৰ শুৱু থেকেই মানুৰেৰ মাঝে হিসাব বা গণনা কৰাৰ ধাৰণা জন্মায়। তখন থেকেই প্ৰয়োজন ও সুবিধা অনুযায়ী বিভিন্ন ধৰনেৰ গণনা পদ্ধতি সৃষ্টি হতে থাকে। গণনা প্ৰক্ৰিয়াৰ মধ্যে ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্ৰক্ৰিয়া যাতে আলাদা আলাদা একক ব্যবহৃত হয়, যেমন হাত, আঙুল, ডিজিট ($0, 1, 2, 3, \dots$) ইত্যাদি। এই একক বা ইউনিটগুলো এককতাৰে বা গুচ্ছকাৰে ব্যবহাৰ কৰে কোনো পূৰ্ণ সংখ্যা প্ৰকাশ কৰা যায়।

কোনো সংখ্যা লেখা বা প্ৰকাশ কৰাৰ পদ্ধতিকেই সংখ্যা বা নম্বৰ পদ্ধতি বলে। সংখ্যা তৈৰি কৰাৰ বিভিন্ন প্ৰতীকই হলো অঙ্ক। সংখ্যা পদ্ধতিৰ সাহায্যে অঙ্ক ব্যবহাৰ কৰে যে কোনো পৱিমাণ (quantity) প্ৰকাশ কৰা যায়, যেমন দশমিক পদ্ধতিতে ৫০৭ সংখ্যাটি ৫, ০ ও ৭ আলাদা তিনটি অঙ্কেৰ দ্বাৱা গঠিত হয়েছে। সংখ্যা পদ্ধতিতে কিছু নিৰ্দিষ্ট অঙ্ককে নিয়ম অনুসৰণ কৰে সাজালে বিভিন্ন সংখ্যা পাওয়া যায়। এসব সংখ্যাকে বিভিন্ন গাণিতিক নিয়ম, যেমন যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ ইত্যাদি দ্বাৱা গণনাৰ কাজ সম্পন্ন কৰা যায়।

সংখ্যা পদ্ধতির ভিত Base of number system

কোনো সংখ্যা পদ্ধতির ভিত বা বেস হচ্ছে ওই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মৌলিক চিহ্নসমূহের মোট সংখ্যা। যেমন দশমিক পদ্ধতিতে দশটি মৌলিক চিহ্ন আছে; যথা— 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9। সুতরাং এর ভিত্তি বা বেস 10। সংখ্যা পদ্ধতির বেস বা ভিত্তির উপর নির্ভর করে পজিশনাল সংখ্যা পদ্ধতি বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। **ডিজিটাল** সাক্ষীটি চার ধরনের গাণিতিক সিস্টেম ব্যবহৃত হয়। এগুলি হলো :

- ১। দশমিক বা 10 ভিত্তিক সংখ্যা পদ্ধতি
- ২। বাইনারি বা 2 ভিত্তিক সংখ্যা পদ্ধতি
- ৩। অষ্টাল বা 8 ভিত্তিক সংখ্যা পদ্ধতি
- ৪। হেক্সাডেসিমেল বা 16 ভিত্তিক সংখ্যা পদ্ধতি ইত্যাদি।

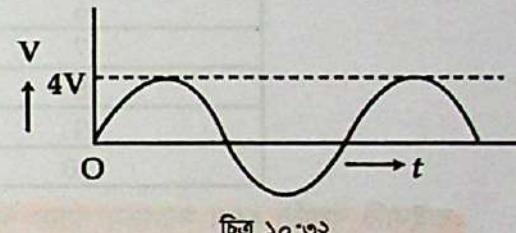
ইলেকট্রনিক্স বর্তনীর শ্রেণিবিভাগ

Types of electronic circuits

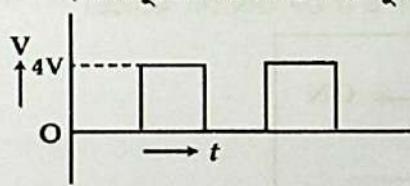
ইলেকট্রনিক্স বর্তনীকে মোটামুটি দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

(i) **এনালগ ইলেকট্রনিক বর্তনী** (Analogue electronic circuit) এবং (ii) **ডিজিটাল ইলেকট্রনিক বর্তনী** (Digital electronic circuit)

(i) **এনালগ বর্তনী** : এই ধরনের বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা এবং তোল্টেজ সংকেত (signal) সময়ের সঙ্গে নিরবচ্ছিন্নভাবে পরিবর্তিত হয়। এই সংকেতগুলোকে এনালগ বা নিরবচ্ছিন্ন (continuous) সংকেত বলে। চিত্র ১০.৩২-এ একটি এনালগ সংকেতের প্রকৃতি দেখানো হয়েছে। স্পষ্টতই এটি সময়ের সাথে সাইন তরঙ্গারূপে পরিবর্তিত দেখানো হয়েছে। এর সর্বোচ্চ মান 4V। তোল্টমিটার, অ্যামিটার, মাল্টিমিটার, গ্যালভানোমিটার ইত্যাদি এনালগ বর্তনীর উদাহরণ।



(ii) **ডিজিটাল বর্তনী** : এই ধরনের বর্তনীতে প্রবাহমাত্রা এবং তোল্টেজের সংকেতের মাত্র দুটি অবস্থা বা স্তর (level) থাকে; যথা— অন (ON) বা অফ (OFF) অথবা 0 বা 1। এই ধরনের সংকেতগুলোকে ডিজিটাল সংকেত বলে। অর্থাৎ ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যাতে আলাদা আলাদা একক বা ডিজিট (0, 1) ব্যবহৃত হয়। এই একক বা ইউনিটগুলো এককভাবে বা গুচ্ছকারে ব্যবহার করে পূর্ণ সংখ্যা প্রকাশ করা হয়।



Chitr ১০.৩৩-এ একটি ডিজিটাল সংকেত দেখানো হয়েছে। এই বর্তনীতে বাইনারি সংখ্যা ব্যবহার করা হয়। **ডিজিটাল বর্তনীতে এক তোল্টেজ স্তর থেকে অন্য তোল্টেজ স্তরে যেতে সূচিটি হিসেবে ডায়োড বা ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়।** ইলেকট্রনিক ক্যালকুলেটর, কম্পিউটার ইত্যাদি ডিজিটাল বর্তনীর উদাহরণ। যোগাযোগ ব্যবস্থায় এনালগ ও ডিজিটাল উভয় পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

কাজ : ডিজিটাল ও এনালগ পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য কী? ডিজিটাল ও এনালগ সিগনাল অঙ্কন করে দেখাও।

১। ডেসিমাল বা দশমিক সংখ্যা পদ্ধতি (Decimal Number System) :

দশমিক পদ্ধতির ভিত্তি বা বেস হচ্ছে 10। কারণ এই পদ্ধতিতে মোট 10টি মৌলিক চিহ্ন আছে। যথা 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9।

স্থানীয় মান : আমাদের প্রয়োজনীয় গাণিতিক কাজগুলো সাধারণত দশমিক সংখ্যা পদ্ধতিতে করা হয়। দশমিক পদ্ধতির একটি সংখ্যা যেমন 528 ধরা যাক। এই সংখ্যাটির 5 অঙ্কটির নিজের মান 5, এই সংখ্যাটি তৃতীয় অবস্থানে (অর্থাৎ শতকের ঘরে) রয়েছে। এখানে সংখ্যা পদ্ধতির বেস বা ভিত 10। সংখ্যাটিকে গাণিতিক ভাষায় লেখা যায়,

$$528 = 5 \times 100 + 2 \times 10 + 8 \times 1$$

$$\text{বা, } 5 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

উল্লেখ্য, শূন্য ছাড়া যে কোনো সংখ্যার ঘাত (Power) শূন্য হলে তার মান 1 হয়।

কোনো একটি দশমিক সংখ্যা প্রকাশের জন্য একক, দশক, শতকের ঘর অর্থাৎ $10^0, 10^1, 10^2$ ইত্যাদির ঘর আছে। এখানে প্রত্যেকটি স্থানকেই 10 এর পাওয়ার (Power) হিসেবে দেখানো হয়েছে। যেমন 432.45-কে

ডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত উপায়ে লেখা যায়।

$$432.45_{10} = 4 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 4 \times 10^{-1} + 5 \times 10^{-2}$$

২। বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতি (Binary Number System) :

বাইনারি পদ্ধতিতে 0 এবং 1 এই দুটি মাত্র অঙ্ক ব্যবহার করা হয়। এজন্য এই পদ্ধতিকে দ্বিমিক সংখ্যা পদ্ধতিও বলা হয়। এ সংখ্যা পদ্ধতির ভিত্তি বা বেস 2। এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত 0 বা 1 অঙ্ককে বিট বলা হয়। সাধারণত 8টি বিট সমন্বয়ে 1টি বাইট (byte) গঠিত হয়।

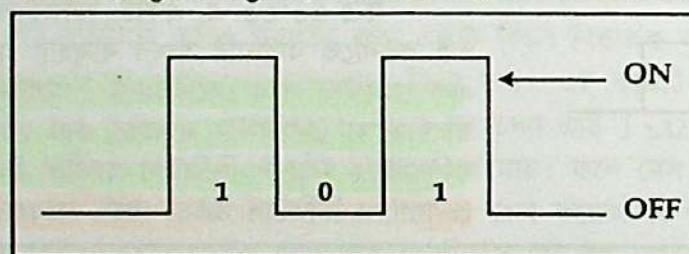
দশমিক পদ্ধতিতে 0 থেকে 9 পর্যন্ত গণনার জন্য একটি স্থান প্রয়োজন এবং তার পরে দ্বিতীয় বা অন্যান্য স্থান ব্যবহার করা হয়। যেমন 9 এর পরে 10 হয়। তেমনি বাইনারি পদ্ধতির 0 এবং 1 গণনার জন্য একটি স্থান, তারপরে দ্বিতীয় বা অন্যান্য স্থান প্রয়োজন হয়। নিচের সারণিতে দশমিক ও সমকক্ষ বাইনারি নিয়মে গণনা দেখানো হয়েছে।

সারণি-১

| দশমিক পদ্ধতি | বাইনারি পদ্ধতি |
|--------------|----------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 2 | 10 |
| 3 | 11 |
| 4 | 100 |
| 5 | 101 |
| 6 | 110 |
| 7 | 111 |
| 8 | 1000 |
| 9 | 1001 |
| 10 | 1010 |

বাইনারি পদ্ধতি হলো সরলতম গণনা পদ্ধতি। বাইনারি বা 2 ভিত্তিক পদ্ধতি কম্পিউটারের জন্য প্রযোজ্য। 0 এবং 1 কে বিভিন্নভাবে সাজিয়ে সকল সংখ্যাকে বাইনারি সংখ্যায় লেখা যায়। এই পদ্ধতির বিট দুটিকে সহজে ইলেক্ট্রনিক উপায়ে নির্দেশ করা সম্ভব। কম্পিউটার বা ইলেক্ট্রনিক বস্তু দুটি অবস্থা সহজেই অনুধাবন করতে পারে। একটি হলো লজিক লেভেল 0, একে OFF, LOW, FALSE কিংবা NO-ও বলা হয়। অন্যটি হলো লজিক লেভেল 1, একে ON, HIGH, TRUE কিংবা YES-ও বলা হয়।

নিচের চিত্রে ডিজিটাল সংকেত (digital signal) দ্বারা ON ও OFF বা 1 ও 0 কে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০.৩৪

১০.১৪.১ বাইনারি নম্বর থেকে ডেসিমেল নম্বরের রূপান্তর Conversion of binary number to decimal number

বাইনারি থেকে ডেসিমেল রূপান্তর করতে প্রত্যেকটি ডিজিটের স্থানীয় মানকে 2 এর সূচক হিসেবে লিখতে হয়। কোনো ডিজিটের ডান পার্শ্বে যতটি ডিজিট থাকবে ডিজিটকে 2 এর তত সূচক দিয়ে গুণ করতে হবে। এভাবে প্রত্যেকটি ডিজিটকে 2 এর সূচক দিয়ে গুণ করে যোগ করে ডেসিমেলের মান পাওয়া যায় এবং ভগ্নাংশের ক্ষেত্রে 2^{-1} , 2^{-2} , 2^{-3} ইত্যাদি দিয়ে প্রথম থেকে পরপর ক্রমানয়ে গুণ করে গুণফলকে যোগ করে ডেসিমেলের মান পাওয়া যায়।

উদাহরণ I : বাইনারি 101011_2 -কে ডেসিমেলে প্রকাশ কর।

বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতিতে,

$$101011_2 = 1 \times 2^5 + 0 \times 10^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$= 32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 1 = 43$$

$$\therefore 101011_2 = 43_{10} \text{ (ডেসিমেলে প্রকাশিত)}$$

উদাহরণ II : $(1100\cdot11)_2$ -কে ডেসিমেল প্রকাশ কর।

$$\begin{aligned}
 (1100\cdot11)_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} \\
 &= 8 + 4 + 0 + 0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \\
 &= 12 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = 12 + \frac{2+1}{4} \\
 &= 12 + \frac{3}{4} = 12 + 0.75 \\
 &= (12.75)_{10}
 \end{aligned}$$

১০.১৪.২ ডেসিমেল নম্বরকে বাইনারি নম্বরে রূপান্তর Conversion of decimal number to binary number

কোনো ডেসিমেল পদ্ধতির বেস হলো 10 এবং বাইনারি পদ্ধতির বেস হলো 2। ডেসিমেল পদ্ধতি থেকে বাইনারি পদ্ধতিতে রূপান্তরের দুটি ধারা হলো—

(১) ডেসিমেল নম্বরকে 2 দ্বারা বার বার ভাগ করতে হবে যতক্ষণ না ভাগফল শূন্য হয়।

(২) ভাগশেষ বা অবশিষ্টকে উল্টো দিক থেকে পরপর পাশাপাশি সাজিয়ে বাইনারি নম্বর পাওয়া যাবে।

উদাহরণ I : ডেসিমেল 25_{10} -কে বাইনারিতে প্রকাশ কর।

| | | |
|---|-----|--------|
| 2 | 25 | ভাগশেষ |
| 2 | 12 | — 1 |
| 2 | 6 | — 0 |
| 2 | 3 | — 0 |
| 2 | 1 | — 1 |
| 0 | — 1 | |

$$\therefore 25_{10} = 11001_2$$

কোনো ডেসিমেল নম্বরের ভগ্নাংশকে বাইনারি নম্বরে রূপান্তর করতে হলে নম্বরটিকে পরপর 2 দ্বারা গুণ করতে হবে। গুণ করে কোনো পূর্ণ সংখ্যা পাওয়া গেলে হাতে রাখতে হবে এবং প্রাপ্ত ভগ্নাংশকে আবার 2 দ্বারা গুণ করতে হবে যতক্ষণ না ভগ্নাংশটি শূন্য হয়। একই ভগ্নাংশ দু'বার হলে আর গুণ করতে হবে না। এরপর হাতে রাখা পূর্ণ সংখ্যা ওপর থেকে নিচের দিকে পাশাপাশি সাজাতে হবে।

উদাহরণ II : 0.75 এর বাইনারিতে রূপান্তর কর।

| | | |
|---|------|--|
| | 0.75 | |
| | × 2 | |
| 1 | ·50 | |
| | × 2 | |
| 1 | ·00 | |

$$\therefore (0.75)_{10} = (0.11)_2$$

উদাহরণ III : ডেসিমেল 25.625_{10} -কে বাইনারিতে প্রকাশ কর।

পূর্ণসংখ্যার ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned}
 25 \div 2 &= 12 + 1 \\
 12 \div 2 &= 6 + 0 \\
 6 \div 2 &= 3 + 0 \\
 3 \div 2 &= 1 + 1 \\
 1 \div 2 &= 0 + 1
 \end{aligned}$$

দশমিকের ক্ষেত্রে

$$\begin{aligned}
 0.625 \times 2 &= 1.25 = 0.25 + 1 \\
 0.25 \times 2 &= 0.5 = 0.5 + 0 \\
 0.5 \times 2 &= 1.0 = 0.0 + 1
 \end{aligned}$$

$$\therefore 25_{10} = 11001_2$$

$$\therefore 0.625_{10} = 0.101_2$$

$$\text{সুতরাং, } 25.625_{10} = 11001.101_2$$

বিট (Bit) : বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতির 0 এবং 1 এই দুটি মৌলিক ডিজিটকে বিট বলে।

বাইট (Byte) : এটি বিটের গুপ নিয়ে গঠিত শব্দকে বাইট বলা হয়। এক বাইটকে এক কারেটেরও বলে।

8 bit = 1 byte

1024 byte = 1 Kilobyte (KB)

1024 kilobyte = 1 Megabyte (MB)

1024 Megabyte = 1 Gigabyte (GB)

৩। অষ্টাল সংখ্যা পদ্ধতি (Octal Number System) :

অষ্টাল সংখ্যা পদ্ধতির বেস 8। এই পদ্ধতির আটটি অঙ্ক হলো 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ও 7। আধুনিক কম্পিউটার উন্নয়নের প্রাথমিক অবস্থায় এই গণনা পদ্ধতি ব্যবহার করা হতো। সারণিতে অষ্টাল পদ্ধতিতে গণনার রীতি দেখানো হয়েছে।

সারণি-২

| দশমিক পদ্ধতি | অষ্টাল পদ্ধতি |
|--------------|---------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4 | 4 |
| 5 | 5 |
| 6 | 6 |
| 7 | 7 |
| 8 | 10 |
| 9 | 11 |
| 10 | 12 |
| 11 | 13 |

উদাহরণ I : 56_{10} সংখ্যাকে অষ্টাল বা 8 ভিত্তিক সংখ্যায় রূপান্তর কর।

$$\begin{array}{r} 8 \quad | \quad 56 \quad - \text{ভাগশেষ} \\ 8 \quad | \quad 7 \quad - \quad 0 \\ \hline 0 \quad - \quad 7 \end{array}$$

$$\therefore 56_{10} = 70_8$$

উদাহরণ II : 0.15_{10} -কে 8 ভিত্তিক সংখ্যায় রূপান্তর কর।

$$0.15 \times 8 = 1.20 = 0.20 + 1$$

$$0.20 \times 8 = 1.60 = 0.60 + 1$$

$$0.60 \times 8 = 4.80 = 0.80 + 4$$

$$\therefore 0.15_{10} = 0.114_8$$

উদাহরণ III : 352_8 -কে বাইনারিতে রূপান্তর কর।

প্রথমে প্রত্যেক ডিজিটের অবস্থান মান (Position value) জানতে হবে যা 8 এর বিভিন্ন পাওয়ার দ্বারা নির্দেশিত হয় যেমন—

$$\leftarrow 8^3 \quad 8^2 \quad 8^1 \quad 8^0 \quad \cdot \quad 8^{-1} \quad 8^{-2} \quad 8^{-3} \rightarrow$$

↑
অষ্টাল পয়েন্ট

$$3 \quad 5 \quad 2$$

$$8^2 \quad 8^1 \quad 8^0$$

$$64 \quad 8 \quad 1$$

$$\therefore 352_8 = 3 \times 8^2 + 5 \times 8^1 + 2 \times 8^0$$

$$= 3 \times 64 + 5 \times 8 + 2 \times 1$$

$$= 192 + 40 + 2 = 234_{10}$$

উদাহরণ IV : 206.104_8 -কে ডেসিমেলে রূপান্তর কর।

প্রথমে প্রত্যেক ডিজিটের অবস্থান মান (Position value) জানতে হবে যা 8 এর বিভিন্ন পাওয়ার দ্বারা নির্দেশিত হয় যেমন—

$$\begin{array}{rccccc} & 2 & 0 & 6 & & 1 & 0 & 4 \\ & 8^2 & 8^1 & 8^0 & & 8^{-1} & 8^{-2} & 8^{-3} \\ 206 & = 2 \times 8^2 + 0 \times 8^1 + 6 \times 8^0 & & 0.104 & = \frac{1}{8} + \frac{4}{8^3} = \frac{17}{128} \\ & = 2 \times 64 + 0 + 6 & & & & & \\ & = 128 + 6 & & & & & \\ & = 134 & & & & & \end{array}$$

$$\therefore 206.104_8 = \left(134 + \frac{17}{128} \right)_{10}$$

৪। হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি (Hexadecimal Number System) :

হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতির বেস 16। এই পদ্ধতির গণনার জন্য 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F এই 16টি চিহ্ন ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে গণনার রীতি সারণি-৩ এ দেখানো হয়েছে। ছোট বড় থায় সকল কম্পিউটারে এই গণনা পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

সারণি ৩ : বিভিন্ন সংখ্যা পদ্ধতির গণনা

| দশমিক পদ্ধতি | বাইনারি পদ্ধতি | অষ্টাল | হেক্সাডেসিমেল |
|--------------|----------------|--------|---------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 10 | 2 | 2 |
| 3 | 11 | 3 | 3 |
| 4 | 100 | 4 | 4 |
| 5 | 101 | 5 | 5 |
| 6 | 110 | 6 | 6 |
| 7 | 111 | 7 | 7 |
| 8 | 1000 | 10 | 8 |
| 9 | 1001 | 11 | 9 |
| 10 | 1010 | 12 | A |
| 11 | 1011 | 13 | B |
| 12 | 1100 | 14 | C |
| 13 | 1101 | 15 | D |
| 14 | 1110 | 16 | E |
| 15 | 1111 | 17 | F |
| 16 | 10000 | 20 | 10 |
| 17 | 10001 | 21 | 11 |

বাইনারি থেকে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর করতে প্রাপ্ত সংখ্যাকে 4 বিট গ্রুপে বিভক্ত করে নিতে হবে।

উদাহরণ I : 1011010111_2 -কে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর কর।

$$\begin{array}{ccc} 0010 & 1101 & 0111 \\ & 2 & D \\ & & 7 \end{array}$$

$$\therefore 1011010111_2 \rightarrow 2D7_{16}$$

উদাহরণ II : 10001100_2 -কে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর কর।

$$\begin{array}{ccc} 1000 & 1100 \\ & 8 & C \end{array}$$

$$\therefore 10001100_2 = 8C_{16}$$

উদাহরণ III : $EACF_{16}$ -কে বাইনারিতে রূপান্তর কর।

$$E - 1110, A - 1010, C - 1100, F - 1111$$

$$\therefore EACF_{16} = 1110 1010 1100 1111_2$$

উদাহরণ IV : $22A_{16}$ -কে বাইনারিতে রূপান্তর কর।

$$\begin{array}{ccc} 2 & 2 & A \\ 0010 & 0010 & 1010 \end{array}$$

$$\therefore 22A_{16} = 001000101010_2$$

উদাহরণ V : ABC ও DEF যোগ কর এবং ফলাফল হেক্সাডেসিমেলে প্রকাশ কর।

$$(ABC)_{16} \rightarrow 1010 1011 1100$$

$$(DEF)_{16} \rightarrow 1101 1110 1111$$

$$\begin{array}{cccc} 18AB & 0001 & 1000 & 1010 1011 \\ & \overbrace{1} & \overbrace{8} & \overbrace{A} & \overbrace{B} \end{array}$$

৫। অষ্টাল-হেক্সাডেসিমেল রূপান্তর (Octal-hexadecimal conversion) :

অষ্টাল-হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পারস্পৰিক রূপান্তরের ক্ষেত্রে প্রথম সংখ্যাটিকে দশমিকে অথবা বাইনারিতে রূপান্তর কৰে তারপৰ কাঞ্চিত সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তর কৰা হয়। এই দুই পদ্ধতিৰ মধ্যে বাইনারি পদ্ধতিৰ মধ্যস্থতায় রূপান্তরই সহজতম পদ্ধতি।

উদাহৰণ I : $(12A)_{16}$ কে অষ্টালে রূপান্তর কৰ।

| | | |
|------|------|------|
| 1 | 2 | A |
| \ | \ | \ |
| 0001 | 0010 | 1010 |
| 000 | 100 | 101 |
| 0 | 4 | 5 |
| | | 010 |
| | | 2 |

$$\therefore (12A)_{16} = 0452 = (452)_8$$

উদাহৰণ II : $(127)_8$ কে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর কৰ।

| | | |
|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 7 |
| \ | \ | \ |
| 001 | 010 | 111 |
| 001 | 010 | 111 |
| 0 | 0 | 1 |
| | | 111 |
| | | 7 |

$$\therefore (127)_8 = (057) = (57)_{16}$$

সংখ্যা পদ্ধতিৰ রূপান্তর

Conversion of Number System

দৈনন্দিন জীবনে আমরা ডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি ব্যবহার কৰি; কিন্তু কম্পিউটারে বাইনারি, অষ্টাল কিংবা হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। এখন আমরা বিভিন্ন সংখ্যা পদ্ধতিৰ রূপান্তর আলোচনা কৰিব।

দশমিক সংখ্যা পদ্ধতি হতে অন্য যে কোনো সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তরের নিয়ম : কোনো সংখ্যার দুটি অংশ থাকতে পারে, যথা—পূর্ণাংশ ও ভগ্নাংশ। পূর্ণাংশ ও ভগ্নাংশ রূপান্তরের নিয়ম ডিনুতো।

পূর্ণাংশেৰ ক্ষেত্রে রূপান্তর :

যে দশমিক পূর্ণ সংখ্যাকে পরিবর্তন কৰতে হবে তাকে কাঞ্চিত পদ্ধতিৰ ভিত্তি বা বেস দ্বাৰা ভাগ কৰতে হবে। যেমন বাইনারিৰ ক্ষেত্রে 2 দ্বাৰা, অষ্টালেৰ ক্ষেত্রে 8 এবং হেক্সাডেসিমেলেৰ ক্ষেত্রে 16 দ্বাৰা ভাগ কৰতে হবে। ভাগশেষকে সংৰক্ষণ কৰতে হবে।

উপৱেৰ ধাপে প্রাপ্ত ভাগফলকে বেস দ্বাৰা ভাগ কৰতে হবে এবং ভাগশেষকে সংৰক্ষণ কৰতে হবে। এভাবে ভাগফলকে বেস বা ভিত্তি দ্বাৰা ভাগ কৰাৰ পৰিয়া ততক্ষণ পৰ্যন্ত চলতে থাকবে যতক্ষণ না ভাগফল শূন্য হয়। প্রাপ্ত ভাগশেষগুলোকে নিচৰে দিক থেকে উপৱেৰ দিকে সাজিয়ে লিখলেই রূপান্তৰিত সংখ্যার পূর্ণাংশ পাওয়া যাবে।

উদাহৰণ : $(198)_{10} = (?)_2$

| | | | |
|---|-----|--------|-----------|
| 2 | 198 | ভাগশেষ | (অবশিষ্ট) |
| 2 | 99 | — | 0 |
| 2 | 49 | — | 1 |
| 2 | 24 | — | 1 |
| 2 | 12 | — | 0 |
| 2 | 6 | — | 0 |
| 2 | 3 | — | 0 |
| 2 | 1 | — | 1 |
| | 0 | — | 1 |

$$\therefore (198)_{10} = (11000110)_2$$

ভগ্নাংশেৰ ক্ষেত্রে রূপান্তর :

এক্ষেত্রে যে ভগ্নাংশকে পরিবর্তন কৰা হবে সেটিকে কাঞ্চিত পদ্ধতিৰ বেস বা ভিত্তি দ্বাৰা গুণ কৰতে হবে। যেমন বাইনারিৰ ক্ষেত্রে 2 দ্বাৰা, অষ্টালেৰ ক্ষেত্রে 8 দ্বাৰা এবং হেক্সাডেসিমেলেৰ ক্ষেত্রে 16 দ্বাৰা গুণ কৰতে হবে। প্রাপ্ত গুণফলেৰ পূর্ণাংশকে সংৰক্ষণ কৰতে হবে।

উপরের ধাপে প্রাপ্ত গুণফলের ভগ্নাংশকে পুনরায় কাঞ্চিত বেস বা ভিত্তি দ্বারা গুণ করে প্রাপ্ত পূর্ণাংশকে সংরক্ষণ করতে হবে এবং প্রাপ্ত ভগ্নাংশকে বেস বা ভিত্তি দ্বারা গুণ করার প্রক্রিয়া অব্যাহত রাখতে হবে যতক্ষণ না গুণফল শূন্য হয়।

র্যাডিক্স (Radix) পয়েন্টের পরে প্রাপ্ত ভগ্নাংশগুলোকে উপরের প্রাপ্ত পূর্ণকের দিক থেকে নিচের প্রাপ্ত পূর্ণকের দিকে সাজিয়ে লিখলেই রূপান্তরিত সংখ্যার ভগ্নাংশ পাওয়া যাবে।

উদাহরণ : $(0.375)_{10} = (?)_2$

| পূর্ণাংশ | ভগ্নাংশ |
|----------|------------|
| 0 | 0.375 |
| | $\times 2$ |
| 0 | 0.750 |
| | $\times 2$ |
| 1 | 0.500 |
| | $\times 2$ |
| 1 | 0.000 |

$$\therefore (0.375)_{10} = (011)_2$$

দশমিক থেকে অষ্টালে রূপান্তর :

দশমিক সংখ্যাকে পর্যায়ক্রমে 8 দিয়ে ভাগ করে ভাগশেষগুলোকে নিচের দিক থেকে একত্র করে দশমিক সংখ্যাটির অষ্টাল সংখ্যা পাওয়া যায়।

পূর্ণাংশের ক্ষেত্রে—

উদাহরণ : $(669)_{10} = (?)_8$

| | | |
|---|------------|-----------|
| 8 | 669 ভাগশেষ | (অবশিষ্ট) |
| 8 | 83 — 5 | |
| 8 | 10 — 3 | |
| 8 | 1 — 2 | |
| 0 | 1 | |

$$\therefore (669)_{10} = (1235)_8$$

ভগ্নাংশের ক্ষেত্রে—

দশমিক ভগ্নাংশকে অষ্টালে রূপান্তরের জন্য গুণফল 0 না হওয়া পর্যন্ত সংখ্যাটিকে অনবরত 8 দিয়ে গুণ করতে হবে।

উদাহরণ : $(0.046875)_{10} = (?)_8$

| পূর্ণাংশ | ভগ্নাংশ |
|----------|------------|
| 0 | 0.046875 |
| | $\times 8$ |
| 0 | 0.375 |
| | $\times 8$ |
| 3 | 0.000 |

$$\therefore (0.046875)_{10} = (0.03)_8$$

দশমিক থেকে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর :

দশমিক থেকে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তরের জন্য পূর্ণ সংখ্যাকে 16 দ্বারা ভাগ এবং ভগ্নাংশকে 16 দ্বারা গুণ করতে হয়।

পূর্ণাংশের ক্ষেত্রে—

উদাহরণ : $(886)_{10} = (?)_{16}$

| | | |
|----|------------|-----------|
| 16 | 886 ভাগশেষ | (অবশিষ্ট) |
| 16 | 55 — 6 | |
| 16 | 3 — 7 | |
| 0 | — 3 | |

$$\therefore (886)_{10} = (376)_{16}$$

ভগ্নাংশ : উদাহৰণ $(0.850)_{10} = (?)_{16}$

| পূৰ্ণাংশ | ভগ্নাংশ |
|----------|-------------|
| | 0.850 |
| | $\times 16$ |
| (13) | 0.60 |
| | $\times 16$ |
| 9 | 0.60 |
| | $\times 16$ |
| 9 | 0.60 |
| | $\times 16$ |
| 9 | 0.60 |

$$\therefore (0.850)_{10} = (0.0999)_{16}$$

যেকোনো সংখ্যা পদ্ধতি থেকে দশমিক সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তর

বাইনারি অথবা অষ্টাল বা হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি থেকে দশমিক সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তরের জন্য নিম্নের পদ্ধতি অনুসৰণ কৰা হয়। এক্ষেত্রে পূৰ্ণাংশ এবং ভগ্নাংশের জন্য একই নিয়ম ব্যবহৃত হয়।

রূপান্তরের সাধারণ নিয়ম : প্রদত্ত সংখ্যাটির বেস বা ভিত্তি সন্তুষ্ট করে সংখ্যাটির অন্তর্গত প্রত্যেকটি অঙ্কের স্থানীয় মান বের কৰতে হয়। এরপর সংখ্যায় অন্তর্গত প্রত্যেকটি অঙ্কের নিজস্ব মানকে তার স্থানীয় মান দিয়ে গুণ কৰতে হয়। সবশেষে গুণফলের যোগফলই হবে সমতুল্য দশমিক সংখ্যা।

উদাহৰণ : $(10101.101)_2 = (?)_{10}$

সমাধান : 10101.101 এর দশমিক বিন্দুর বামের অংশ = 10101 এবং দশমিক বিন্দুর ডানের অংশ = 101

| দশমিক বিন্দুর বামের অংশ 10101 | দশমিক বিন্দুর ডানের অংশ 101 |
|-------------------------------|--|
| $1 \times 2^0 = 1$ | $1 \times 2^{-1} = \frac{1}{2} = 0.500$ |
| $0 \times 2^1 = 0$ | $0 \times 2^{-2} = 0 \times \frac{1}{4} = 000$ |
| $1 \times 2^2 = 4$ | $1 \times 2^{-3} = \frac{1}{8} = 0.125$ |
| $0 \times 2^3 = 0$ | |
| $1 \times 2^4 = 16$ | |
| যোগফল = 21 | যোগফল = 0.625 |

দশমিক বিন্দুর বামের ও ডানের সংখ্যাগুলো মানের যোগফল = $21 + 0.625 = 21.625$

$$\therefore (10101.101)_2 = (21.625)_{10}$$

অষ্টাল থেকে দশমিকে রূপান্তর :

অষ্টাল সংখ্যার প্রতিটি স্থানীয় মান যোগ করে সংখ্যাটির সমতুল্য দশমিক মান নির্ণয় কৰা যায়।

উদাহৰণ : $(123.540)_8 = (?)_{10}$

সমাধান :

$$\begin{aligned}
 (123.540)_8 &= 1 \times 8^2 + 2 \times 8^1 + 3 \times 8^0 + 5 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} + 0 \times 8^{-3} \\
 &= 64 + 16 + 3 + 5 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{(8)^2} + 0 \\
 &= 83 + 0.625 + 0.0625 = 83.6875
 \end{aligned}$$

$$\therefore (123.540)_8 = (83.6875)_{10}$$

হেক্সাডেসিমেল থেকে দশমিকে রূপান্তর :

হেক্সাডেসিমেল থেকে দশমিকে রূপান্তর কৰতে প্রথমে প্রদত্ত সংখ্যার প্রতিটি অঙ্ককে উহার নিজস্ব স্থানীয় মান দ্বারা গুণ কৰতে হয়। পৰে ওই সমস্ত গুণফলকে যোগ করে হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাটির দশমিক সংখ্যার মান পাওয়া যায়।

উদাহৰণ : $(B5D.44)_{16} = (?)_{10}$

$$\begin{aligned}
 \text{সমাধান : } (B5D.44)_{16} &= B \times 16^2 + 5 \times 16^1 + D \times 16^0 + 4 \times 16^{-1} + 4 \times 16^{-2} \\
 &= 11 \times 256 + 80 + 13 + 0.25 + 0.016 \\
 &= 2816 + 80 + 13 + 0.25 + 0.016 = (2909.266)_{10}
 \end{aligned}$$

কাজ : হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট কেন দরকার হয় ?

হেক্সাডেসিমেল সংখ্যাকে সমতুল্য বাইনারিতে রূপান্তরের জন্য হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার প্রতিটি ডিজিটকে আলাদাভাবে চার বিটের বাইনারি শৃঙ্গে রূপান্তরিত করা হয় এবং প্রাপ্ত শৃঙ্গগুলোকে পরপর সাজালে উক্ত হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার সমতুল্য বাইনারি সংখ্যা পাওয়া যায়। এজন্য **হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে সর্বোচ্চ চার বিট দরকার হয়।**

১০.১৫ বাইনারি অপারেশন

Binary operation

দশমিক পদ্ধতির যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ প্রক্রিয়া বহুল পরিচিত। এ ধরনের গাণিতিক প্রক্রিয়া বাইনারি পদ্ধতিতেও বর্তমানে রয়েছে। বাইনারি পদ্ধতিতে গাণিতিক কাজ করা অনেক সহজ, কেননা এক্ষেত্রে মাত্র দুটি সংখ্যা 0 এবং 1 জড়িত। এখন আমরা বাইনারি যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ আলোচনা করব।

১০.১৫.১ বাইনারি যোগ

Binary Addition

যেভাবে দশমিক সংখ্যা যোগ করা হয়, সেভাবেই বাইনারি সংখ্যার যোগ করা হয়।

বাইনারি সংখ্যা যোগের সময় নিম্নের ধাপগুলো অনুসরণ করা হয়।

ধাপ-১ : প্রথমে সর্ব ডানের কলাম যোগ করতে হয়।

ধাপ-২ : প্রথম কলাম যোগ করে যোগফল প্রথম কলামের নিচে লিখতে হয়। যদি carry উৎপন্ন হয় তবে তা পরের কলামে বসাতে হয়।

ধাপ-৩ : দ্বিতীয় ধাপে carry উৎপন্ন হলে তা পরের কলামে লিখতে হবে বা পরের কলামে কোনো ডিজিট থাকলে তার সাথে যোগ করতে হবে। এই প্রক্রিয়া চলতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত বাম দিকে কোনো কলাম না থাকে।

দুটি বাইনারি অংক যোগের চারটি অবস্থা নিম্নরূপ হয় :

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ এবং } 1 \text{ থাকবে। এই হাতে থাকাকে carry বলে।}$$

বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতির যোগ খুবই গুরুত্বপূর্ণ গাণিতিক প্রক্রিয়া। কম্পিউটার এবং অন্যান্য ইলেক্ট্রনিক যন্ত্রে যোগের সাহায্যে বিয়োগ, গুণ ও ভাগ করা হয়।

উদাহরণ ১। 1101001 এর সাথে 1010101 যোগ কর।

সমাধান :

$$\begin{array}{r} 1101001 \\ 1010101 \\ \hline 10111110 \end{array}$$

উদাহরণ ২। (111.11)₂ এবং (101.10)₂ যোগ কর।

সমাধান :

$$\begin{array}{r} 111.11 \\ 101.10 \\ \hline 1101.01 \end{array}$$

$$111.11 = 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 4 + 2 + 1 + 0.5 + 0.25 = 7.75$$

$$101.10 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} = 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0 = 5.50$$

$$13.25$$

$$\text{এখন, } 1101.01 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} = 8 + 4 + 1 + 0.25 = 13.25$$

১০.১৫.২ বাইনারি বিয়োগ

Binary subtraction

ধাপ-১। বাইনারি বিয়োগের সময় বিয়োজক এর LSD (Least Significant Digit) থেকে বিয়োজ্য (Subtracted) এর LSD বিয়োগ করে বিয়োগের LSD বসাতে হবে।

ধাপ-২। LSD দ্বারা বিয়োগ করে যদি carry থাকে তা পরের কলামের বিয়োজ্যের সাথে যোগ করে বিয়োজক থেকে বিয়োগ করতে হবে।

ধাগ-৩। যদি দ্বিতীয় ধাপে carry থাকে তা পৱৰ্বতী কলামের বিয়োজ্যের সাথে যোগ করে বিয়োগ কৰতে হবে।

ধাপগুলো নিম্নৰূপ : (১) $0 - 0 = 0$

(২) $1 - 0 = 1$

(৩) $1 - 1 = 0$

(৪) $0 - 1 = 1$ হাতে থাকে ১

উদাহৰণ ১ : 1001 থেকে 101 বিয়োগ কৰ।

$$\begin{array}{r} \text{সমাধান :} & 1001 \\ & - 0101 \\ \hline & 0100 \end{array}$$

সূতৰাং বিয়োগফল = 100

উদাহৰণ ২ : 1011 থেকে 100 বিয়োগ কৰ।

$$\begin{array}{r} \text{সমাধান :} & 1011 \\ & - 0100 \\ \hline & 0111 \end{array}$$

সূতৰাং বিয়োগফল = 111

কম্পিউটারে এই নিয়মে বিয়োগ কৰা হয় না। বিশেষ পদ্ধতিতে যোগের সাহায্যে বিয়োগ কৰা হয়।

১০.১৫.৩ বাইনারি গুণ

Binary multiplication

যেভাবে ডেসিমেল সংখ্যার গুণ কৰা হয় অনুৰূপভাবে বাইনারি সংখ্যার গুণ কৰা হয়। তবে ডেসিমেল গুণ কৰার চেয়ে বাইনারি গুণ কৰা অনেক সহজ। কারণ বাইনারি গুণের ক্ষেত্ৰে চারটি গুণফল জানলেই যথেষ্ট। বাইনারি গুণের চারটি অবস্থা নিম্নে দেখানো হলো :

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

উদাহৰণ ১ : বাইনারি সংখ্যা 0111 এবং 1110 গুণ কৰ।

$$\begin{array}{r} 0111 \\ \times 1110 \\ \hline 0000 \\ 0111 \\ 0111 \\ 0111 \\ \hline 1100010 \end{array}$$

উদাহৰণ ২ : 1001 এবং 111 গুণ কৰ।

$$\begin{array}{r} 100 \cdot 1 \\ \times 1 \cdot 1 \ 1 \\ \hline 1 \cdot 00 \ 1 \\ 100 \ 1 \times \\ 100 \ 1 \times \\ \hline 111 \cdot 111 \end{array}$$

১০.১৫.৪ বাইনারি ভাগ

Binary Division

ডেসিমেল সংখ্যার ভাগের নিয়মেই বাইনারি সংখ্যার ভাগ কৰা হয়। বাইনারি পদ্ধতিতে 0 দিয়ে ভাগ কৰা অৰ্থহীন। বাইনারি ভাগ পদ্ধতিতে চারটি অবস্থার সূচী হয়। যথা—

$$0/0 = \text{অৰ্থহীন}$$

$$1/0 = \text{অৰ্থহীন}$$

$$0/1 = 0$$

$$1/1 = 1$$

উদাহরণ : বাইনারি সংখ্যা 1001 কে 110 দ্বারা ভাগ কর।

$$\begin{array}{r}
 & 0110 \leftarrow \text{result} \\
 \text{divisor } 110 & \overline{100100} \leftarrow \text{dividend} \\
 & 110 \\
 \hline
 & 110 \\
 & 110 \\
 \hline
 & 000 \\
 & 000 \\
 \hline
 & 0
 \end{array}$$

১০.১৬ লজিক গেট

Logic gate

লজিক গেট আলোচনার পূর্বে বুলিয়ান বীজগণিত (Boolean algebra) সম্বন্ধে ধারণা থাকা দরকার। George Boole (1815-1864) সর্বপ্রথম বুলিয়ান বীজগণিতের ধারণা দেন।

বুলিয়ান বীজগণিত (Boolean Algebra) : বুলিয়ান বীজগণিত মূলত লজিকের সত্য এবং মিথ্যা এই দুই স্তরের উপর ভিত্তি করে তৈরি হয়েছে। কম্পিউটারে যখন বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতির ব্যবহার শুরু হয়, তখন বুলিয়ান বীজগণিতের সত্য এবং মিথ্যাকে 1 এবং 0 দ্বারা পরিবর্তন করা হয়। কম্পিউটারের সমস্ত গাণিতিক ও যুক্তিমূলক সমস্যা বুলিয়ান অ্যালজেব্রার সাহায্যে সমাধান করা সম্ভব। বুলিয়ান বীজ-গণিতে শুধুমাত্র যোগ এবং গুণ-এর সাহায্যে সমস্ত কাজ করা হয়।



George Boole (1815-1864)

বুলিয়ান বীজগণিতের নিয়ম :

- (i) যোগ চিহ্ন '+' দ্বারা OR বোঝানো হয়। $Y = A + B$, এটা পড়তে হয় Y , A অথবা B ।
- (ii) গুণ চিহ্ন (\times বা \cdot) দ্বারা AND বোঝানো হয়। $Y = A \cdot B$ পড়তে হয় Y , A এবং B এর মান সমান।

(iii) বার চিহ্ন (-) দ্বারা NOT বোঝানো হয়, $Y = \bar{A}$, একে Y , NOT A হিসেবে পড়তে হয়। Y এর মান A এর মানের সমান।

বুলিয়ান বীজগণিতের তিনটি সূত্র (Three laws of Boolean algebra) :

১। **বিনিময় সূত্র (Commutative law) :** $A + B = B + A$
 $AB = BA$

২। **সংযোগ সূত্র (Associative law) :**

$$\begin{aligned}
 A + (B + C) &= (A + B) + C \\
 A \cdot (B \cdot C) &= (A \cdot B) \cdot C
 \end{aligned}$$

৩। **বণ্টন সূত্র (Distributive law) :**

$$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$$

বুলিয়ান বীজগণিতের কয়েকটি সম্পর্ক (Some relation of Boolean algebra) :

নিচের সম্পর্কগুলোতে A হচ্ছে সংকেত। এর দুটি সম্ভাব্য মান রয়েছে; যথা 0 এবং 1। প্রতিটি সম্পর্কে একবার 0 এবং একবার 1 বসিয়ে সম্পর্কগুলো ঘাচাই করা যায়।

| সম্পর্ক | সত্যতা ঘাচাই | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | যখন $A = 0$ | যখন $A = 1$ |
| 1. $A + 0 = A$ | $0 + 0 = 0$ | $1 + 0 = 1$ |
| 2. $A + 1 = 1$ | $0 + 1 = 1$ | $1 + 1 = 1$ |
| 3. $A + A = A$ | $0 + 0 = 0$ | $1 + 1 = 1$ |
| 4. $\bar{A} + \bar{A} = 1$ | $0 + 1 = 1$ | $1 + 0 = 1$ |
| 5. $.0 = 0$ | $0 \cdot 0 = 0$ | $1 \cdot 0 = 0$ |
| 6. $.1 = A$ | $0 \cdot 1 = 0$ | $1 \cdot 1 = 1$ |
| 7. $\bar{A} = A$ | $0 \cdot 0 = 0$ | $1 \cdot 1 = 1$ |
| 8. $A \cdot 0 = 0$ | $0 \cdot 1 = 0$ | $1 \cdot 0 = 0$ |
| 9. $A \cdot 1 = A$ | $\bar{0} = \bar{1} = 0$ | $\bar{1} = \bar{0} = 1$ |

লজিক গেট : বুলিয়ান অ্যালজেব্ৰার ব্যবহারিক প্রয়োগের জন্য ডিজিটাল ইলেক্ট্ৰনিক সার্কিট ব্যবহার কৰা হয়। লজিক গেট হলো এক ধৰনের ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্তনী যাৱ দ্বাৰা যৌক্তিক সিদ্ধান্ত গঠন কৰা যায়। এ সকল ডিজিটাল ইলেক্ট্ৰনিক সার্কিটকে লজিক গেট বলে। লজিক গেট বলতে সাধাৰণত লজিক সার্কিটকে বুঝায় যাতে এক বা একাধিক ইনপুট এবং কেবল একটি আউটপুট থাকে। লজিক গেটগুলো মূলত একটি ডিজিটাল পদ্ধতিৰ জন্য মৌলিক বুক হিসেবে কাজ কৰে যা বাইনাৰি '০' (Zero) ও '১' (One) দ্বাৰা অপাৰেট হয়। তথ্য প্ৰবাহ (Flow of information) নিয়ন্ত্ৰণ কৰে বলেই একে গেট বলা হয়।

লজিক গেটেৰ প্ৰকাৰভেদ : ডিজিটাল ইলেক্ট্ৰনিকসে তিনটি মৌলিক লজিক গেট ব্যবহার কৰা হয়। এগুলো হলো (১) OR গেট, (২) AND গেট এবং (৩) NOT গেট। ডিজিটাল ইলেক্ট্ৰনিকসে এই তিনটি মৌলিক গেট ছাড়া আৱেজও কিছু গেট ব্যবহার কৰা হয়। যথা NAND গেট, NOR গেট, XOR গেট, XNOR গেট। এই গেটগুলো মৌলিক গেট দ্বাৰা তৈৰি কৰা হয়।

সত্য সারণি বা ট্ৰুথ টেবিল (Truth table) : ইনপুট ও আউটপুট সিগনাল বা ভোল্টেজেৰ বিভিন্ন মানেৰ মধ্যে সম্পর্ক একটি টেবিলেৰ সাহায্যে প্ৰকাশ কৰলে ওই টেবিলকে সত্য সারণি বা ট্ৰুথ টেবিল বলে।

লজিক গেটেৰ ডি মৱগানেৰ তত্ত্ব : ফৰাসি বিজ্ঞানী ডি মৱগান (De Morgan) দুটি বিশেষ গাণিতিক উপপাদ্য আবিষ্কাৰ কৰেন। সেগুলি তাৰ নাম অনুসাৰে ডি মৱগান উপপাদ্য নামে পৰিচিত।



De Morgan (1806-1881)

(ক) **উপপাদ্য-১ :** A ও B ইনপুট সিগনালেৰ জন্য একটি NOR গেটেৰ আউটপুট সিগনাল, \bar{A} ও \bar{B} ইনপুট সিগনালেৰ জন্য একটি AND গেটেৰ আউটপুট সিগনালেৰ সমান হয়।

$$\text{অৰ্থাৎ } A + B = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

(খ) **উপপাদ্য-২ :** A ও B ইনপুট সিগনালেৰ জন্য একটি NAND গেটেৰ আউটপুট সিগনাল, \bar{A} ও \bar{B} ইনপুট সিগনালেৰ জন্য একটি OR গেটেৰ আউটপুট সিগনালেৰ সমান।

$$\text{অৰ্থাৎ } A \cdot B = \bar{A} + \bar{B}$$

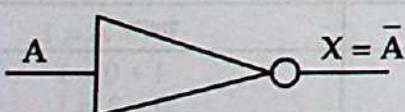
জেনে রাখ : লজিক গেট কী ? বুলিয়ান বীজগণিতেৰ মৌলিক কাৰ্যকৰণগুলি কী কী ?

যে সকল ডিজিটাল (digital) ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্তনী এক বা একাধিক ইনপুট গ্ৰহণ কৰে বুলিয়ান বীজগণিত অনুযায়ী প্ৰক্ৰিয়াজাত কৰে একটিমাত্ৰ আউটপুট প্ৰদান কৰে তাকে লজিক গেট বলে। বুলিয়ান বীজগণিতেৰ মৌলিক কাৰ্যকৰণগুলি হলো (ক) লজিক যোগ বা OR যোগ (খ) লজিক গুণ বা AND গুণ (গ) লজিক সম্পূৰক বা NOT কাৰ্যকৰণ।

❖ **NOT গেট :** NOT গেটে একটি ইনপুট এবং একটি আউটপুট থাকে। একে ইনভার্টাৰও বলে। NOT গেটেৰ ইনপুট '১' হলে আউটপুট '০' এবং ইনপুট '০' হলে আউটপুট '১' হয়। NOT গেটেৰ বুলিয়ান সমীকৰণ হলো,

$$X = \bar{A}$$

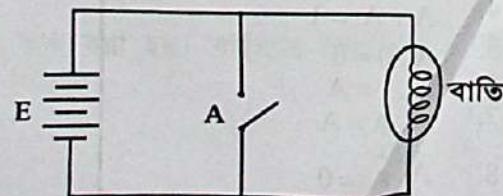
এখনে A এৰ উপৰ প্ৰদৰ্শিত বাৰ দ্বাৰা NOT অপাৰেশন বুঝানো হয়। এই সমীকৰণকে "X equals Not A." এভাবে পড়া হয় অথবা "X equals the complement of A" এভাবে পড়া হয়। নিচেৰ চিত্ৰ ১০.৩৫(ক)-এ NOT গেটেৰ প্ৰতীক এবং ১০.৩৫(খ)-এ ট্ৰুথ টেবিল (সত্য সারণি) দেখানো হয়েছে।



চিত্ৰ ১০.৩৫(ক) : NOT গেটেৰ প্ৰতীক।

| A | X = \bar{A} |
|---|---------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0 |

চিত্ৰ ১০.৩৫(খ) : NOT গেটেৰ ট্ৰুথ টেবিল।



চিত্ৰ ১০.৩৫(গ)

চিত্ৰ ১০.৩৫(গ)-এ NOT গেটেৰ একটি ইলেক্ট্ৰনিক বৰ্তনী দেখানো হয়েছে। বৰ্তনী থেকে প্ৰতীয়মান হয় যে সুইচ A বন্ধ থাকলে বাতিটি জুলবে না; কেননা বাতিটিৰ দুই প্রান্তে বিভেদ পাৰ্থক্য শূন্য হবে এবং কোনো তড়িৎ প্ৰবাহিত হবে না। সুইচ A খোলা থাকলে বাতিটি জুলবে।

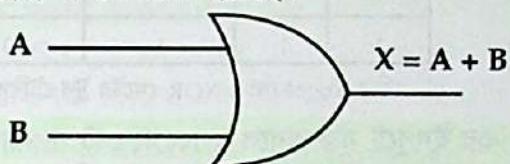
❖ OR গেট : OR গেট এমন এক ধরনের গেট যার দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে।

ব্যাখ্যা : একটি OR গেট-এর দুটি ইনপুট যথাক্রমে A ও B হলে এবং আউটপুট X হলে OR গেট-এর বুলিয়ান সমীকৃতণ হবে.

$$X = A + B$$

এখানে + চিহ্ন দ্বারা সাধারণত যোগ বুঝানো হয় না। এই + চিহ্নের অর্থ OR অপারেশন।

নিম্নে একটি দুই ইনপুটবিশিষ্ট OR গেটের প্রতীক চিত্র ১০.৩৬(ক) এবং ট্রুথ টেবিল (Truth table) চিত্র ১০.৩৬(খ)-এ দেখানো হয়েছে।

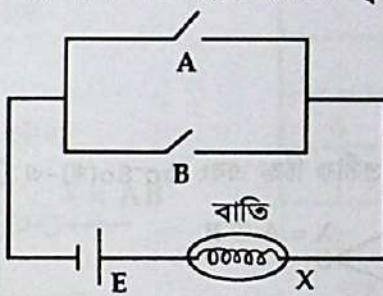


| A | B | X = A + B |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

চিত্র ১০.৩৬(ক) : দুই ইনপটবিশিষ্ট ০৪ গেটের সংকেত।

क्रिया १०-२०८(अ) : सर्वे इनप्रोटोलिशिको ७४ ग्रो-५व ट्रेस ट्रैकिङ।

চিত্র ১০.৩৭ এ OR গেটের একটি ইলেক্ট্রনিক বর্তনী দেখানো হয়েছে। এই সমান্তরাল সুইচ বর্তনীর যেকোনো একটি সুইচ ‘অন’ করলে অথবা দুটি সুইচ একসঙ্গে অন করলে বাতিটি জ্বলবে।

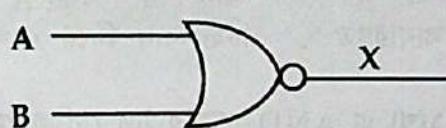
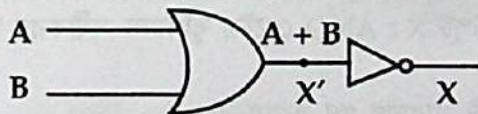


ଚିତ୍ର ୧୦୩୭

❖ NOR গেট : OR গেটের আউটপুট X'-কে NOT গেটের ইনপুটের সাথে সংযুক্ত করে NOR গেট তৈরি হয়। NOR গেটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকতে পারে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে। এখানে আউটপুট X-এর সমীকরণ হলো :

$$X = \text{NOT}(A + B) = \overline{A + B}$$

OR গেট ও NOT গেটের ট্রুথ টেবিলকে একত্রিত করে NOR গেটের ট্রুথ টেবিল পাওয়া যায়। চিত্র ১০.৩৮(ক)-এ বুলিয়ান সমীকরণসহ দুটি ইনপুটবিশিষ্ট NOR গেটে প্রতীক চিহ্ন এবং চিত্র ১০.৩৮(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০-৩৮(ক) : NOR গেটের প্রতীক।

| A | B | A + B | X = $\overline{A + B}$ |
|---|---|-------|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

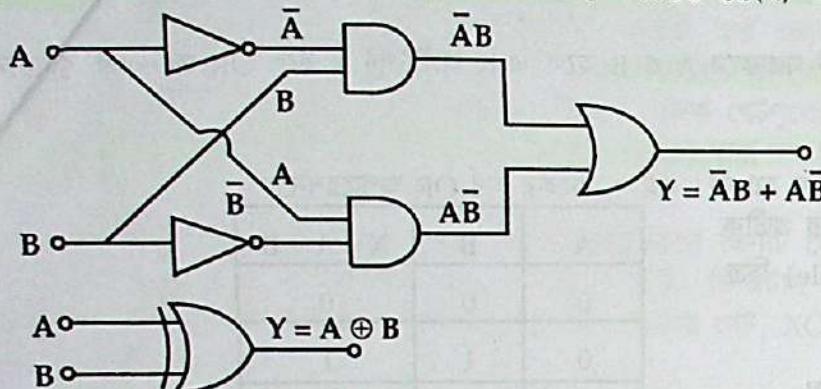
চির ১০-৩৮(খ) : NOR গেটের ট্রিপ টেবিল।

❖ XOR গেট : Exclusive-OR (XOR) গেট এমন এক ধরনের গেট যা এর ইনপুটে বিজোড় সংখ্যা আছে কিনা চিহ্নিত করে। XOR গেটের ইনপুটে বিজোড় সংখ্যাক 1 হলে আউটপুট 1 হয়। দুটি বিটের অবস্থা তুলনা করার জন্য এই গেট ব্যবহার করা হয়। OR গেট, AND গেট এবং NOT গেট যুক্ত করে XOR গেট পাওয়া যায় চিত্র ১০.৩৯।

$X = A \oplus B$, এখানে \oplus দ্বারা XOR কিয়া বোঝানো হয়েছে।

$$= \overline{AB} + \overline{AB}$$

চিত্র ১০.৩৯(ক)-এ XOR গেটের প্রতীক চিহ্ন এবং ১০.৩৯(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০.৩৯(ক) : XOR গেটের প্রতীক চিহ্ন।

| A | B | $A + B$ | $X = A \oplus B$ |
|---|---|---------|------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

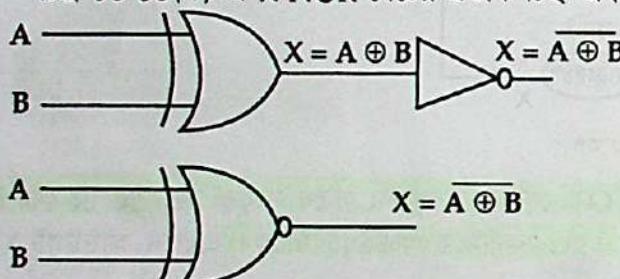
চিত্র ১০.৩৯(খ) : XOR গেটের ট্রুথ টেবিল।

❖ X-NOR গেট : XOR গেটের আউটপুটকে NOT গেট এর ইনপুটে যুক্ত করলে X-NOR গেট পাওয়া যায়। যে লজিক গেটের বিজোড় সংখ্যক ইনপুট হলে আউটপুট 0 হয় এবং জোড় সংখ্যক ইনপুট বা ইনপুট দুটি সমান হলে আউটপুট 1 হয় তাকে X-NOR গেট বলে।

X-NOR গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

$$\begin{aligned} X &= \overline{A \oplus B} \\ &= \overline{AB + A\bar{B}} \\ &= \overline{AB} + \overline{A\bar{B}} \end{aligned}$$

চিত্র ১০.৪০(ক)-এ X-NOR গেটের প্রতীক চিহ্ন এবং ১০.৪০(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০.৪০(ক) : X-NOR গেটের প্রতীক চিহ্ন।

| A | B | $X = \overline{A \oplus B}$ |
|---|---|-----------------------------|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

চিত্র ১০.৪০(খ) : X-NOR গেটের ট্রুথ টেবিল।

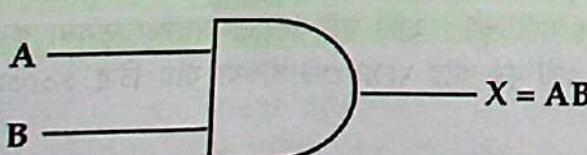
❖ AND গেট : AND গেটে দুই বা ততোধিক ইনপুট এবং একটি আউটপুট থাকে। AND গেটের সকল ইনপুট '1' হলেই কেবলমাত্র আউটপুট '1' হবে। অন্যথায় আউটপুট '0' হবে। অর্থাৎ যে লজিক গেটের সবগুলো ইনপুট 1 হলে আউটপুট 1 হয় তাকে AND গেট বলে। ১০.৪১ নং চিত্রে দুই ইনপুটবিশিষ্ট একটি AND গেট-এর প্রতীক এবং ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে। এর ইনপুট দুটি A এবং B এবং আউটপুট X। AND গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

$$X = A \cdot B$$

এই সমীকরণে '·' চিহ্নটি বুলিয়ান AND অপারেশন বুঝায়, এটি সাধারণ গুণ বুঝায় না।

$X = A \cdot B$ সমীকরণটি পড়ার নিয়ম হলো "X equals A and B"। এর অর্থ X-এর মান 1 হবে যখন A এবং B উভয়ই 1 হবে। AND অপারেশনের জন্য বুলিয়ান সমীকরণ লেখতে সাধারণত '·' চিহ্ন বাদ দিয়ে লেখা হয়, $X = AB$.

চিত্র ১০.৪১(ক)-এ একটি AND গেটের প্রতীক এবং চিত্র ১০.৪১(খ) এ AND গেটের ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।

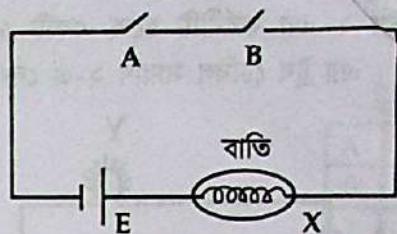


চিত্র ১০.৪১(ক) : AND গেটের প্রতীক।

| A | B | $X = AB$ |
|---|---|----------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

চিত্র ১০.৪১(খ) : AND গেটের ট্রুথ টেবিল।

১০.৪২ চিত্রে AND গেটের সমতুল্য একটি শ্রেণি সমবায়ে দুটি সুইচ সার্কিট দেখানো হয়েছে। এই সুইচ দুটির যেকোনো একটি সুইচ অন করলে বাতিটি জ্বলবে না। কেবলমাত্র দুটি সুইচ অন করলেই বাতিটি জ্বলবে।



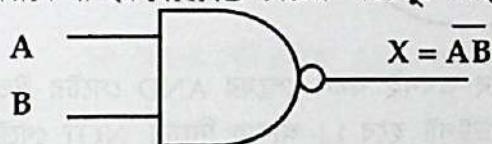
চিত্র ১০.৪২

❖ NAND গেট : AND গেটের আউটপুট X' কে NOT গেটের ইনপুট এর সাথে যুক্ত করে NAND গেট তৈরি করা হয়। AND গেট হতে নির্গত সংকেতটি NOT গেটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে NAND গেটের কাজ হয়। লজিক সার্কিট তৈরির জন্য NAND গেটের বহুল প্রচলন রয়েছে।

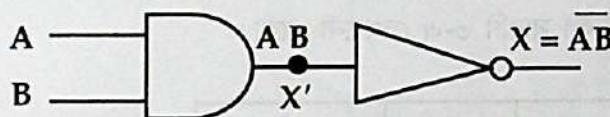
চিত্র ১০.৪৩(ক)-এ NAND গেটের প্রতীক এবং ১০.৪৩(খ)-এ এর সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে। দুই ইনপুটবিশিষ্ট NAND গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

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

AND এবং NOT গেটের ট্রুথ টেবিলকে একত্রিত করে NAND গেটের ট্রুথ টেবিল পাওয়া যায়। চিত্র ১০.৪৩(গ) তে NAND গেটের ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে। ট্রুথ টেবিল থেকে দেখা যায় যে, AND গেটের আউটপুটকে ইনভারশন করলে যা হয় NAND গেটের আউটপুট তাই।



চিত্র ১০.৪৩(ক) : NAND গেটের প্রতীক।

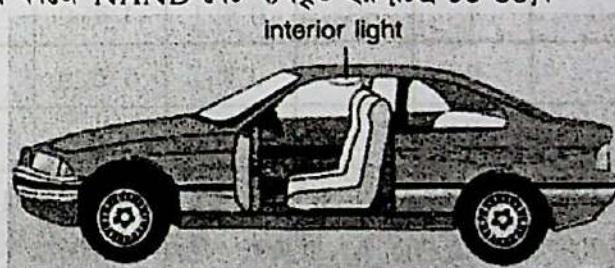


চিত্র ১০.৪৩(খ) : NAND গেটের সমতুল্য সার্কিট।

| A | B | AB | $X = \overline{AB}$ |
|---|---|------|---------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

চিত্র ১০.৪৩ (গ) : NAND গেটের ট্রুথ টেবিল।

NAND গেট এর ব্যবহার : Car interior লাইটিং ডিজাইনে ব্যবহৃত হয়। যখন দুটি দরজা বন্ধ করা হয় তখন লাইট এর সুইচ বন্ধ করার কাজে NAND গেট ব্যবহৃত হয় [চিত্র ১০.৪৪]।



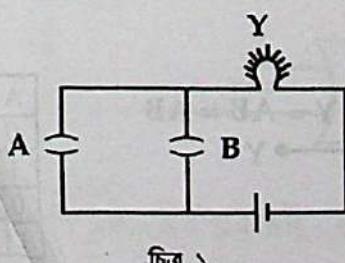
চিত্র ১০.৪৪

NAND গেট ব্যবহার করে বিভিন্ন সংযোগের মাধ্যমে NOT গেট, AND গেট এবং OR গেট পাওয়া যায়।

বিভিন্ন প্রকার গেট তৈরিকরণ-এর সচিত্র উদাহরণ

১। একটি ব্যাটারি, দুটি সুইচ ও একটি বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করে একটি (i) OR ও একটি (ii) AND গেট তৈরি কর।

(ক) চিত্র ১-এর বর্তনীটি হলো একটা OR গেট বর্তনী। এখানে A অথবা B অথবা উভয় সুইচ অন করলে বাতিটি জ্বলবে। এর ট্রুথ টেবিল সারণি ১-এ দেখানো হয়েছে।

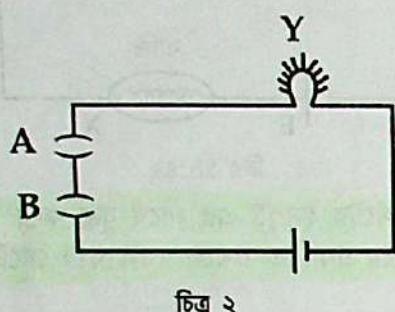


চিত্র ১

সারণি ১

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

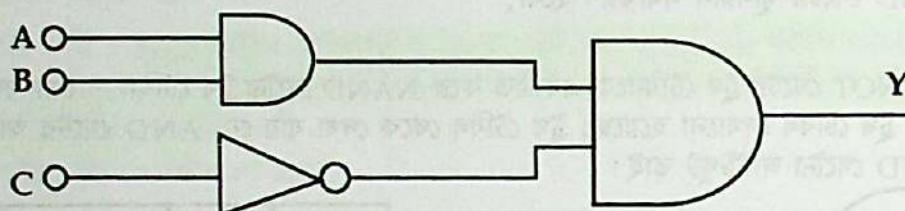
(খ) চিত্র ২-এর বর্তনীটি হচ্ছে একটি AND গেট বর্তনী। কেননা, A এবং B উভয় সুইচ অন করলেই কেবল বাতিটি ঝলবে। এর ট্রুথ টেবিল সারণি ২-এ দেখানো হয়েছে।



সারণি ২

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

২। নিচের লজিক বর্তনীটির আউটপুট Y কোন অবস্থায় 1 হবে?



এখানে দুটি AND গেট ও একটি NOT গেট রয়েছে। $Y = 1$ হবে তখনই যখন শেষের AND গেটের উভয় ইনপুটেই 1 হবে। এখন শুরুর AND গেটে A ও B উভয় ইনপুট 1 হলে আউটপুট হবে 1। আবার নিচের NOT গেটের ইনপুট C = 0 হলে এর আউটপুট 1 হবে। সে অবস্থায় শেষের AND গেট অন হবে অর্থাৎ তখন $Y = 1$ পাওয়া যাবে। সূতরাং, A = 1, B = 1, এবং C = 0 হলে $Y = 1$ হবে। এর ট্রুথ টেবিল সারণি ৩-এ দেখানো হলো।

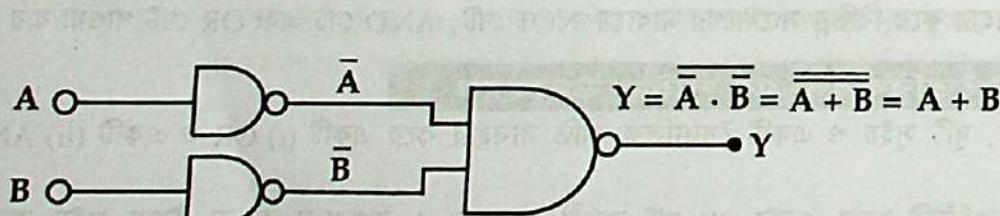
সারণি ৩

| A | B | A.B | C | \bar{C} | $Y = A.B.\bar{C}$ |
|---|---|-----|--------|-----------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 বা 1 | 1 বা 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 বা 1 | 1 বা 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 বা 1 | 1 বা 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 বা 1 | 1 বা 0 | 1 বা 0 |

ট্রুথ টেবিল থেকে সহজেই বোঝা যায় যে, $A = 1, B = 1$ এবং $C = 0$ হলে $Y = 1$ হবে।

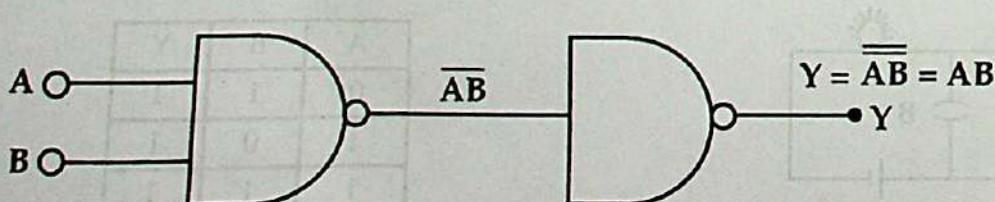
৩। একটি NAND গেট ব্যবহার করে OR, AND এবং NOT গেট তৈরি কর।

(ক) NAND গেট থেকে OR গেট তৈরিকরণ :



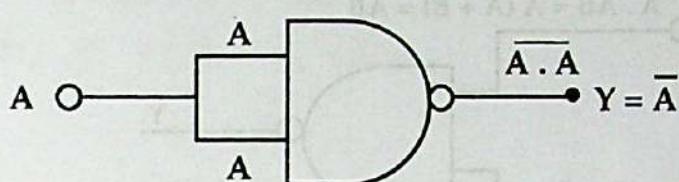
| ট্রুথ টেবিল | | | | |
|-------------|---|-----------|-----------|---|
| A | B | \bar{A} | \bar{B} | Y |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

(খ) NAND গেট থেকে AND গেট তৈরিকরণ :



| ট্রুথ টেবিল | | | | |
|-------------|---|------------------|----|---|
| A | B | $\bar{A}\bar{B}$ | Y' | Y |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

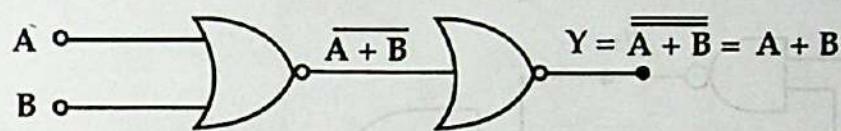
(গ) NAND গেট থেকে NOT গেট তৈরিকরণ :



| ট্রুথ টেবিল | | |
|-------------|-----|---|
| A | B=A | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

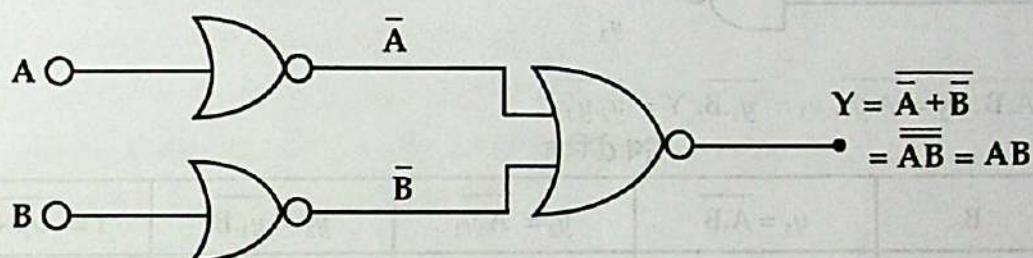
৪। একটি NOR গেট ব্যবহার করে OR, AND এবং NOT গেট তৈরি কর।

(ক) NOR গেট থেকে OR গেট তৈরিকরণ :



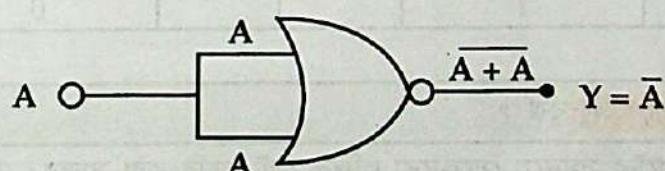
| ট্রুথ টেবিল | | |
|-------------|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(খ) NOR গেট থেকে AND গেট তৈরিকরণ :



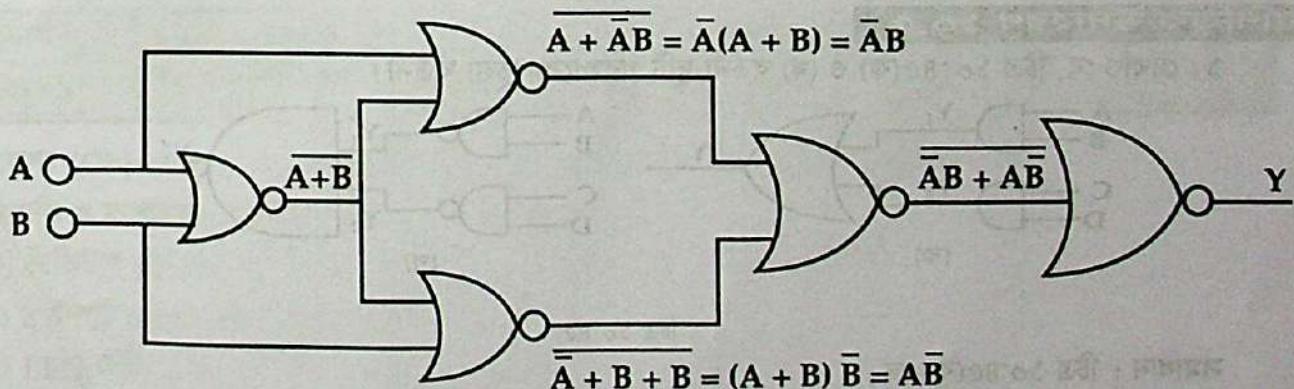
| ট্রুথ টেবিল | | |
|-------------|---|---|
| A | B | Y |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(গ) NOR গেট থেকে NOT গেট তৈরিকরণ :

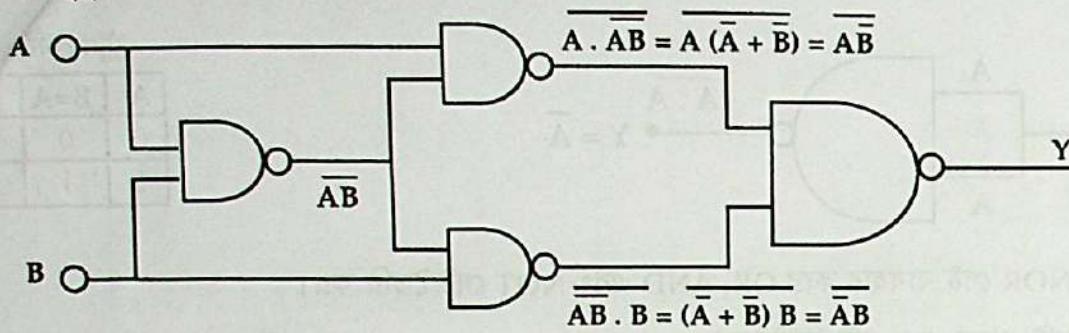


| ট্রুথ টেবিল | | |
|-------------|-----|---|
| A | B=A | Y |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

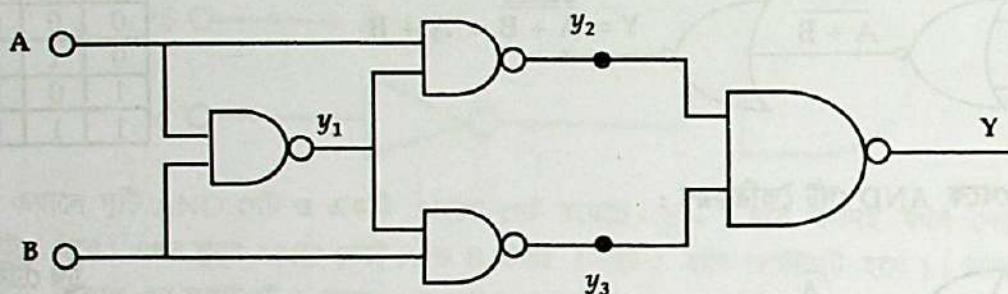
৫। শুধুমাত্র NOR গেট ব্যবহার করে XOR গেট তৈরি কর।

 $\therefore Y = \bar{A}\bar{B} + \bar{A}B + A\bar{B} + AB = \bar{A} + B + \bar{A}B = A + B$, এটি XOR গেটের আউটপুট।

৬। শুধুমাত্র NAND গেট ব্যবহার কৱে XOR গেট তৈৱি কৰ।



৭। চারটি NAND গেটের সমবায়ে গঠিত লজিক গেটের ট্রুথ টেবিল তৈৱি কৰ।



$$\text{সংকেত : } y_1 = \overline{A \cdot B}, y_2 = \overline{A \cdot y_1}, y_3 = \overline{y_1 \cdot B}, Y = \overline{y_2 \cdot y_3}$$

ট্রুথ টেবিল

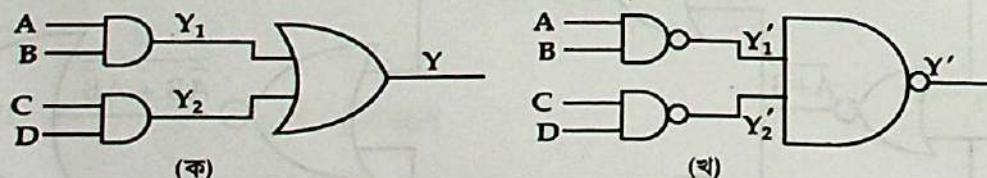
| A | B | $y_1 = \overline{A \cdot B}$ | $y_2 = \overline{A \cdot y_1}$ | $y_3 = \overline{y_1 \cdot B}$ | $Y = \overline{y_2 \cdot y_3}$ |
|---|---|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |

কাজ : NAND গেট এবং NOR গেটের সর্বজনীনতা বলতে কী বুবা ?

OR, AND এবং NOT এই তিনটি মৌলিক গেটের সমন্বয়ে যেকোনো লজিক গেট তৈৱি কৱা সম্ভব। তবে শুধু NAND গেট দিয়ে OR, AND এবং NOT গেট বাস্তবায়ন সম্ভব। অনুরূপভাবে NOR গেট দিয়েও যেকোনো লজিক সার্কিট বাস্তবায়ন সম্ভব। এজন্য NAND এবং NOR গেটকে সর্বজনীন গেট বলে।

গাণিতিক উদাহৰণ ১০.৫

১। দেখাও যে, চিত্ৰ ১০.৪৫(ক) ও (খ) বৰ্তনী দুটি পৱল্পৱেৱ তুল্য বৰ্তনী।



চিত্ৰ ১০.৪৫

সমাধান : চিত্ৰ ১০.৪৫(ক)-তে,

$$Y_1 = AB \text{ এবং } Y_2 = CD$$

$$\text{সূতৰাং, } Y = AB + CD$$

...

...

(i)

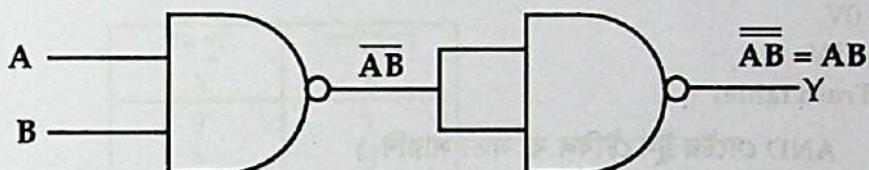
আবার, চিত্র ১০.৪৫(খ)-তে

$$\begin{aligned}
 Y_1' &= \overline{AB} \text{ এবং } Y_2' = \overline{CD} \\
 \text{সুতরাং, } Y' &= \overline{Y_1' Y_2'} = \overline{Y_1'} + \overline{Y_2'} \\
 &= \overline{\overline{AB}} + \overline{\overline{CD}} \\
 &= AB + CD
 \end{aligned} \tag{ii}$$

ଅର୍ଥାତ୍, $Y' = Y$, କାଜେଇ ବର୍ତ୍ତନୀ ଦୁଟି ପରିପ୍ରେର ତଳ୍ୟ ବର୍ତ୍ତନୀ (ପ୍ରମାଣିତ)

এজন্য AND-OR সমবায়কে NAND-NAND সমবায়ের তল্য বলা হয়।

২। চিত্র ১০.৪৬ এ প্রদত্ত লজিক বর্তনীর ক্ষেত্রে বুলিয়ান সম্পর্কটি নির্ণয় কর এবং সত্য সারণি (truth table) তৈরি কর।



ଟିକ୍ ୧୦-୪୬

চি. ১০.৪৬ এ দুটি গেটই হলো NAND গেট।

ইনপুট A ও B এর প্রথম NAND আউটপুট হলো \overline{AB} ।

আবার, \overline{AB} ও \overline{AB} -এর দ্বিতীয় NAND আউটপুট হলো $\overline{\overline{AB}} = AB$; অর্থাৎ একটি AND গেটের আউটপুট।

সুতরাং প্রদত্ত বর্তনীটি হলো দুটি NAND গেট দিয়ে তৈরি AND গেটের বর্তনী।

এক্ষেত্রে বুলিয়ান বীজগাণিতিক সম্পর্ক হলো,

$$Y = AB$$

প্রদত্ত লজিক বর্তনীর সত্য সারণি নিম্নরূপ :

| A | B | AB | \bar{AB} | $\bar{\bar{AB}}$ | $\bar{\bar{Y}} = \bar{AB} = AB$ |
|---|---|----|------------|------------------|---------------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

১০.১৭ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :

सितिराम - १

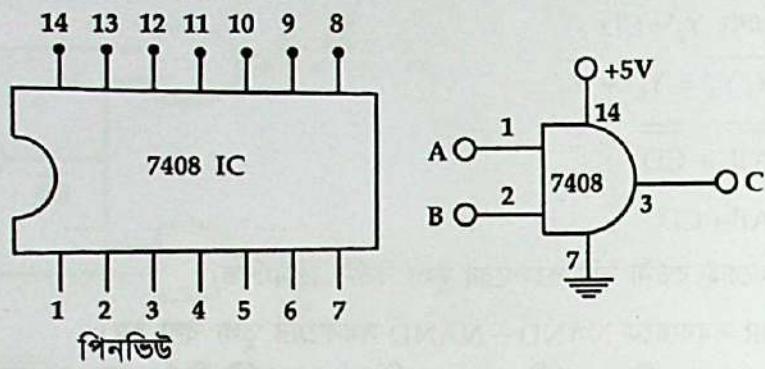
AND লজিক গেট-এর ট্রু টেবিল যাচাই
To verify the truth table of AND logic gate

উদ্দেশ্য (Objective) : AND গেটের অপারেশন আইসি (IC) এর সাহায্যে যাচাইকরণ

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipments and materials) :

- (ক) ডিজিটাল ট্রেইনার বোর্ড (Digital trainer board) ১টি
 - (খ) 2 ইনপুট AND গেট (7408) আইসি ১টি
 - (গ) LED বাতি
 - (ঘ) সুইচ
 - (ঙ) সংযোগ তার

সংযোগ : AND গেটের আইসি সংযোগ চিত্ৰ ১০.৪৭-এ দেখানো হলো।



লজিক অবস্থা :

'0' = 0V

'1' = +5V

ট্রুথ টেবিল (Truth table)

AND গেটের ট্রুথ টেবিল বা সত্য সারণি ১

| ইনপুট | | আউটপুট |
|-------|---|--------|
| A | B | C |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

AND gate $A \cdot B = C$ বুলিয়ান বীজগণিত অনুসারে কাজ করে।

কাজের ধারা (Working procedure)

১। পিন সংযোগ অনুযায়ী ট্রেইনার বোর্ডের উপর IC বসাতে হবে। ১নং ও ২নং পিন সুইচ A ও B এর সাথে এবং ৮নং পিন এর সাথে ভূমি এবং ১৪নং পিন এর সাথে +5V সংযোগ দিতে হবে। ৩নং পিন ট্রেইনার বোর্ডে LED বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।

২। ট্রেইনার বোর্ডে বৈদ্যুতিক সংযোগ দিতে হবে।

৩। এবার ট্রুথ টেবিল অনুসারে আইসি সংযোগের ক্ষেত্ৰে সুইচ-এর অবস্থার পরিবর্তন করে অর্ধাং অফ-অন করে আউটপুট অর্ধাং LED এর অবস্থা পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

সতর্কতা :

১। সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।

২। ১৪নং পিন ট্রেইনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।

৩। সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

পরীক্ষণের নাম :

পরীক্ষণাত্মক নাম :

NOT লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই
To verify the truth table of NOT logic gate

উদ্দেশ্য (Objective) : NOT গেটের অপারেশন আইসি এর সাহায্যে যাচাইকরণ

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipments and materials) :

১। ডিজিটাল ট্রেইনার বোর্ড

২। 1 ইনপুট NOT গেট (7404) আইসি 1টি

৩। LED বাটি

৪। সুইচ

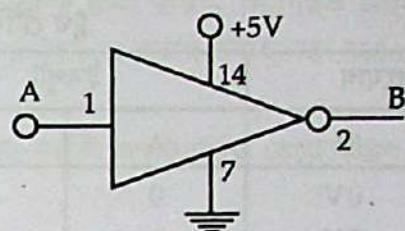
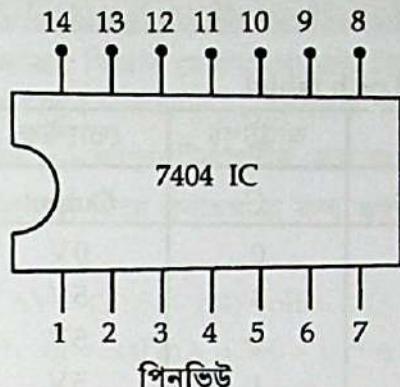
৫। সংযোগ তার

লজিক অবস্থা :

'0' = 0V

'1' = +5V

বর্তনী সংযোগ : NOT গেটের আইসি সংযোগ চিত্র ১০.৪৮-এ দেখানো হলো।



চিত্র ১০.৪৮

ট্রুথ টেবিল :

| ইনপুট | আউটপুট |
|-------|--------|
| A | B |
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

কাজের ধারা (Working procedure)

- পিন সংযোগ অনুযায়ী ট্রেনার বোর্ডের উপর 7404 IC বসাতে হবে।
- ১নং ও ২নং পিন সুইচ A ও B এর সাথে এবং ৩নং পিন এর সাথে ভূমি এবং ১৪নং পিন এর সাথে +5V সংযোগ দিতে হবে। ৩নং পিন ট্রেনার বোর্ডে LED এর সাথে বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।
- এবার ট্রুথ টেবিল অনুযায়ী IC সংযোগের ক্ষেত্রে সুইচ-এর অবস্থার পরিবর্তন করে অর্ধাং অফ-অন করে LED-এর অবস্থা পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

সতর্কতা :

- সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।
- ১৪নং পিন ট্রেনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।
- সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

পরীক্ষণের নাম :

পরিয়ন্ত্রিত করা ক্ষমতা :

OR লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই

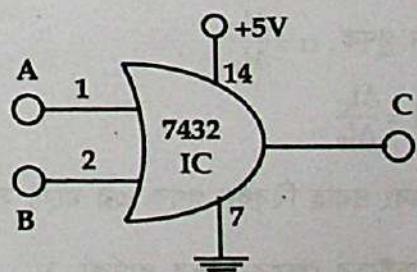
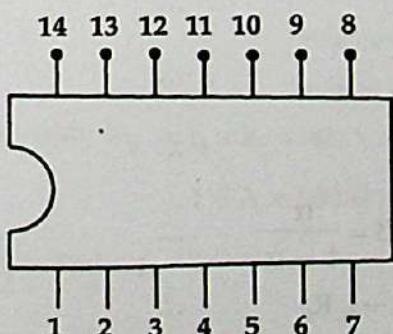
To verify the truth table of OR logic gate

উদ্দেশ্য (Objective) : OR গেটের অপারেশন আইসি এর সাহায্যে যাচাইকরণ

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipments and materials) :

- ডিজিটাল ট্রেইনার বোর্ড (Digital trainer board) ১টি
- ২ ইনপুট OR গেট (7432) আইসি ১টি
- LED বাতি
- সুইচ
- সংযোগ তার।

সংযোগ (Connection) : OR গেটের আইসি সংযোগ নিচের ১০.৪৯নং চিত্রে দেখানো হলো।



চিত্র ১০.৪৯

লজিক অবস্থা :

'0' = 0V

'1' = +5V

ট্রুথ টেবিল (Truth table)

| ভোল্টেজ সংযোগ | | ইনপুট | | আউটপুট | ভোল্টেজ | অবস্থা |
|---------------|----|-------|---|--------|---------|---------------|
| A | B | A | B | C | Output | LED condition |
| 0V | 0V | 0 | 0 | 0 | 0V | OFF |
| 0V | 5V | 0 | 1 | 1 | 5V | ON |
| 5V | 0V | 1 | 0 | 1 | 5V | ON |
| 5V | 5V | 1 | 1 | 1 | 5V | ON |

কাজের ধারা (Working procedure)

- 7432 আইসি চিত্র ১০.৪৯ এর ন্যায় ট্রেনার বোর্ড বসাতে হবে।
- ১নং ও ২নং পিন A ও B এর সাথে এবং ৮নং পিন এর সাথে ভূমি এবং ১৪নং পিন এর সাথে +5V সংযোগ দিতে হবে। ৩নং পিন ট্রেইনার বোর্ডে LED বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।

- সুইচ OFF/ON করে আউটপুটের সত্যতা যাচাই করতে হবে।

- আইসি-তে চার সেট (A, B) ইনপুট এবং চারটি আউটপুট (C) আছে। যেকোনো সেটের জন্য OR গেটের অপারেশন LED বাতির অবস্থা পর্যবেক্ষণ করে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

অনুরূপভাবে যথোপযুক্ত আইসি ব্যবহার ও প্রয়োজনীয় বর্তনী সংযোগ দিয়ে NAND এবং NOR লজিক গেটের ট্রুথ টেবিল যাচাই করা যায়।

সতর্কতা :

- সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।
- ১৪নং পিন ট্রেনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।
- সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

কাজ : IC কী ? এর সুবিধা-অসুবিধাগুলি কী কী ?

ইনচিপেটেড বা সমন্বিত সার্কিটের সংক্ষিপ্ত নাম IC। এটি হলো সেই বর্তনী যাতে বর্তনীর উপাংশ বা যন্ত্রাংশগুলো ক্ষুদ্র অর্ধপরিবাহক চিপে বিশেষ প্রক্রিয়ায় গঠন করা হয় যারা স্বয়ংক্রিয়ভাবে ওই চিপের অংশ। IC-তে অনেকগুলো যন্ত্রাংশ যেমন রোধক, ধারক, ডায়োড, ড্রাইভিস্টের ইত্যাদি এবং এদের অন্তঃসংযোগ একটি ক্ষুদ্র প্যাকেজ হিসেবে থাকে, যাতে এরা একটি পূর্ণ ইলেক্ট্রনিক কার্যাবলি সম্পন্ন করতে পারে। একটি ক্ষুদ্র অর্ধপরিবাহক পদার্থের মধ্যে এসব যন্ত্রাংশ গঠন ও সংযুক্ত করা হয়।

MAP: ১৪ **(সবিধা)** : (১) সংযোগ সংখ্যা কম কিন্তু নির্ভরযোগ্যতা বেশি। (২) অত্যন্ত ক্ষুদ্রাকৃতি। (৩) ওজন কম (৪) কম বিদ্যুতের প্রয়োজন হয়। (৫) দাম কম। **DAT: 10-11**

অসুবিধা : কোনো যন্ত্রাংশ নষ্ট হয়ে গেলে চিপটি পরিবর্তন করতে হয়। অংশবিশেষ মেরামত করা যায় না।

প্রয়োজনীয় গাণিতিক সূত্রাবলি

$$I_E = I_B + I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

$$\text{গতীয় রোধ, } R = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

$$\text{প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, } \alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

$$\text{প্রবাহ লাভ, } \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

$$\text{প্রবাহ লাভ এবং প্রবাহ বিবর্ধন গুণক এর মধ্যে সম্পর্ক, } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \dots \quad \dots \quad (6)$$

$$\text{ইলেক্ট্রনিক সুইচের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্য, } V_{out} = V_{CC} - I_C R_C \quad \dots \quad \dots \quad (7)$$

$$\text{পূর্ণ তরঙ্গ একমুখী কারেন্ট, } I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} \quad \dots \quad \dots \quad (8)$$

বিশ্লেষণাত্মক ও মূল্যায়ন ধর্মী গাণিতিক সমস্যাবলির সমাধান

১। রানা তার কলেজের বিজ্ঞান মেলায় প্রোজেক্ট ডিসপ্লে করার জন্য একটি সিরামিক ডায়োডে সম্পূর্ণ ঝৌক প্রয়োগ করল। জাংশনটিতে বিভব পার্থক্য 2.4 volt থেকে বাড়িয়ে 2.55 volt করায় প্রবাহমাত্রা 300 mA বৃদ্ধি পেল।

(ক) উদ্দীপকে বর্ণিত $p-n$ জাংশনটির গতীয় রোধ কত?

(খ) $p-n$ জাংশনটির মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা বন্ধ করার জন্য বর্তনী অপরিবর্তিত রেখে কীরুপ ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? বিশ্লেষণ কর।

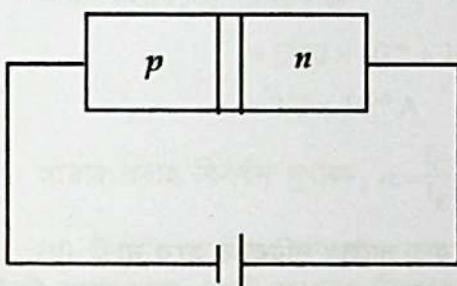
(ক) বিভব পার্থক্য, $\Delta V = (2.55 - 2.4) \text{ volt} = 0.15 \text{ volt}$

প্রবাহমাত্রা পরিবর্তন, $\Delta I = 300 \text{ mA} = 300 \times 10^{-3} \text{ A}$

$$\text{আমরা জানি, জাংশনের গতীয় রোধ, } R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

$$\therefore R = \frac{0.15}{300 \times 10^{-3}} = 0.5 \Omega$$

(খ) বর্তনীতে কোনোরূপ পরিবর্তন সাধন না করে কেবলমাত্র উদ্দীপকে উল্লিখিত ডায়োডে বিপরীত ঝৌক প্রদান করার মাধ্যমে এর মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা কমানো সম্ভব। বর্তনীটি নিম্নরূপ :



চিত্র অনুযায়ী জাংশনটির p -অঞ্চলে ব্যাটারির ঝণাত্মক প্রান্তের সাথে এবং n -অঞ্চলে ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয়। ফলে ব্যাটারির ঝণাত্মক প্রান্ত p -অঞ্চলের হোলগুলোকে এবং ধনাত্মক প্রান্ত n -অঞ্চলের ইলেক্ট্রনগুলোকে আকর্ষণ করে বিভব প্রাচীরের প্রস্থ বাড়িয়ে দিবে। n -অঞ্চলের ইলেক্ট্রন বিভব প্রাচীর অতিক্রম করে p -অঞ্চলের হোলের সাথে মিশতে পারবে না। ফলে জাংশনটির মধ্য দিয়ে প্রবাহমাত্রা বন্ধ হয়ে যাবে।

২। পদার্থবিজ্ঞানের ল্যাবে ব্যবহারিক ক্লাসে একটি $p-n-p$ ট্রানজিস্টরকে কমন এমিটার সংযোগে রেখে অ্যামপ্লিফিয়ার তৈরি করা হলো। বেস-এমিটার জাংশনকে ইনপুট হিসেবে ব্যবহার করা হয়েছে। এতে $0.9V$ বিভব প্রয়োগ করলে বেস প্রবাহ 10 mA এবং $1.1V$ প্রয়োগ করলে 30 mA পাওয়া যায়। এতে সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন ঘটে 1.5 A । জাংশনের গতীয় রোধ 10Ω । বর্তনীর লোড রোধ 100Ω এবং বহিঃমুখে কালেক্টরকে রাখা আছে।

(ক) কারেন্ট গেইন β নির্ণয় কর।

(খ) ট্রানজিস্টরটিকে অ্যামপ্লিফিয়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় কিনা? ব্যাখ্যা কর।

(ক) আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

$$\therefore \beta = \frac{1.5 \text{ A}}{20 \times 10^{-3} \text{ A}} = 75$$

এখানে,

$$\begin{aligned} \text{বেস প্রবাহের পরিবর্তন } I_B &= (30 - 10) \text{ mA} \\ &= 20 \text{ mA} = 20 \times 10^{-3} \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন, } \Delta I_C = 1.5 \text{ A}$$

$$\text{গতীয় রোধ, } R = 10\Omega$$

$$\text{লোড রোধ, } R_L = 100\Omega$$

(খ) অ্যামপ্লিফিয়ারের ইনপুট বিভব, $V_i = I_B \times \text{গতির রোধ}$

$$= 20 \text{ mA} \times 10\Omega$$

$$= 20 \times 10^{-3} \text{ A} \times 10 \Omega = 0.2 \text{ volt}$$

বহিঃমুখে বিভব পতন, $V_0 = I_0 \times R_L = \Delta I_C \times R_L$

$$= 1.5 \text{ A} \times 100 \Omega = 150 \text{ volt}$$

$$\text{এখন, } \frac{V_0}{V_i} = \frac{150}{0.2} = 750 > 1$$

$$\therefore V_0 > V_i$$

বহিঃমুখে বিভব বৃদ্ধি পাবে এবং ট্রানজিস্টরটি অ্যামপ্লিফিয়ার হিসেবে ব্যবহারযোগ্য হবে।

- ৩। একটি কমন বেস সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের নিঃসারক ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0.85 এবং 0.05 mA ।
 (ক) নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।
 (খ) নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [ব. বো. ২০১৫]
- (ক) এখানে নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0.85\text{ mA}$
 বেস প্রবাহ, $I_B = 0.05\text{ mA}$, বিবর্ধন ফ্যাক্টর, $\alpha = ?$
 আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{0.85 - 0.05}{0.85} = 0.94$$

(খ) উল্লিপকে বর্ণিত অবস্থায় প্রবাহ লাভ,

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B} \\ &= \frac{0.85 - 0.05}{0.05} = \frac{0.80}{0.05} = 16\end{aligned}$$

নিঃসারক প্রবাহ দিগুণ করা হলে, $I'_E = 2I_E = 2 \times 0.85$

বেস প্রবাহ দিগুণ করা হলে, $I'_B = 2I_B = 2 \times 0.05 = 0.1\text{ mA}$

$$\text{এক্ষেত্রে প্রবাহ লাভ}, \beta' = \frac{I'_C}{I'_B} = \frac{I'_E - I'_B}{I'_B} = \frac{I'_E}{I'_B} - 1 = \frac{1.7}{0.1} - 1 = 16$$

দেখা যায় যে, $\beta' = \beta$

সূতরাং নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন হবে না।

৪। গবেষণাগারে একজন শিক্ষার্থী চারটি একই রকম ডায়োড নিয়ে পরীক্ষা করছিল, সে দেখতে পেল যে, প্রতিটি ডায়োডের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য 0.4 Volt পরিবর্তন করা হলে তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন 100 mA হয়। ডায়োডগুলো ব্যবহার করে সে একটি পূর্ণ তরঙ্গে রেক্টিফায়ার তৈরি করে পরীক্ষা শুরু করল। কিছুক্ষণ পর সে বর্তনী থেকে একটি ডায়োড খুলে ফেলল। [ব. বো. ২০১৫]

(ক) উল্লিপকে উল্লিখিত ডায়োডের গতীয় রোধ কত?

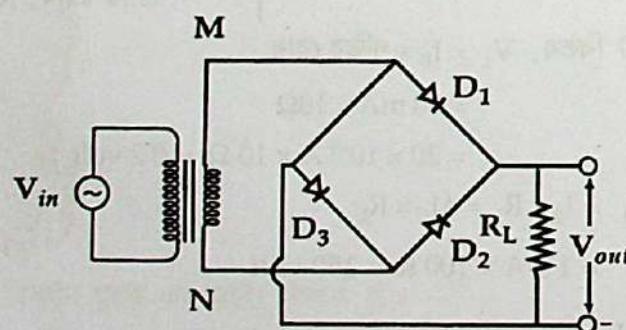
(খ) ডায়োডটি খুলে ফেলার পর আউটপুট সিগন্যালের পরিবর্তন কীরূপ হবে তা সচিত্র বর্ণনা কর।

(ক) দেওয়া আছে, বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন $\Delta V = 0.4\text{ V}$, তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন $\Delta I = 100\text{ mA} = 100 \times 10^{-3}\text{ A}$, গতীয় রোধ, $R = ?$

আমরা জানি,

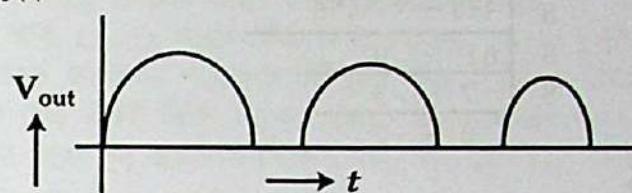
$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.4\text{ Volt}}{100 \times 10^{-3}} = 4\Omega$$

(খ) রেক্টিফায়ারের চতুর্থ ডায়োডটি খুলে ফেলায় বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে :



ইনপুটের ধনাত্মক অর্ধচক্রের জন্য M প্রান্ত ধনাত্মক এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক হয়। তখন D_1 ও D_3 এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় অর্থাৎ আউটপুটে সিগন্যাল পাওয়া যায়। কিন্তু ইনপুটের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য M প্রান্ত ঋণাত্মক এবং N প্রান্ত ধনাত্মক হলে কোনো ডায়োডের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। ফলে আউটপুটে সিগন্যাল পাওয়া

যাবে না। অর্থাৎ তখন রেকটিফায়ারটি একটি অর্ধতরঙে রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করবে। এর আউটপুটে R_L এর বিপরীতে সিগন্যালটি নিম্নরূপ হবে।



৫। চিত্রে একটি ট্রানজিস্টর দেওয়া আছে—

- (ক) প্রবাহ বিবর্ধন গুণন নির্ণয় কর।
- (খ) ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরকে একটি সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায় কী? বিশ্লেষণ কর।

[সি. বো. ২০১৯ (মান ভিন্ন); রা. বো. ২০১৫]

- (ক) মনে করি প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক $= \alpha$

সাধারণ নিঃসারক ট্রানজিস্টরটিতে নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে,

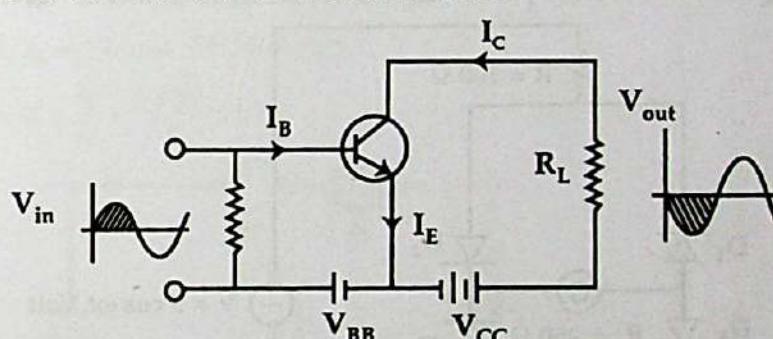
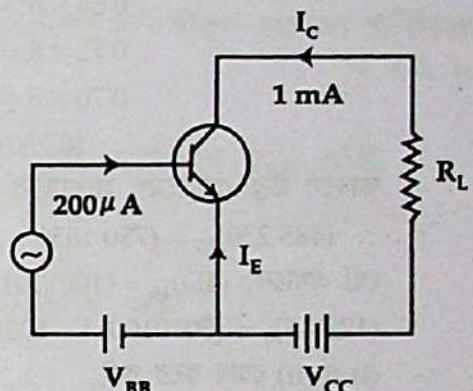
$$\text{আমরা জানি, } I_E = I_B + I_C$$

$$= (200 \times 10^{-6} + 1 \times 10^{-3}) \text{ A}$$

$$= 1.2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{আবার প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক, } \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{1 \times 10^{-3}}{1.2 \times 10^{-3}} = 0.833$$

(খ) ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরকে একটি সুইচ হিসেবে ব্যবহার করা যায়। চিত্রে ইনপুট ও আউটপুট সংকেতসহ একটি সাধারণ নিঃসারক বর্তনী দেখানো হলো।



সম্মুখ ঘৌক প্রাপ্ত অবস্থায় অন্তর্গামী বর্তনীতে রোধ খুব কম থাকে। নিঃসারক সঞ্চাহক বর্তনীতে বা বহির্গামী বর্তনীতে V_{CC} ব্যাটারির মাধ্যমে বিমুখী ঘৌক প্রদান করা হয়।

নিঃসারক পীঠ জাংশনে প্রযুক্ত ইনপুট ভোল্টেজের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় জাংশনের সম্মুখ ঘৌক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু অন্তর্গামী সংকেতের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য নিঃসারক পীঠ জাংশনের সম্মুখ ঘৌক হ্রাস পায় অর্থাৎ বিমুখী ঘৌক বৃদ্ধি পায়। এই অবস্থায় সঞ্চাহক প্রবাহ কর্মে যায়। ফলে বহির্গামী ভোল্টেজেও হ্রাস পায়।

অর্থাৎ ইনপুট ভোল্টেজের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় ট্রানজিস্টর অন অবস্থায় থাকে এবং ঋণাত্মক অর্ধচক্রের সময় অফ অবস্থায় থাকে। তাই ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তন করে অন্তর্গামীতে ঋণাত্মক অর্ধচক্র প্রেরণ করলে অর্থাৎ বিমুখী ঘৌক প্রাপ্ত হলে ট্রানজিস্টর সুইচের ন্যায় কাজ করবে।

৬। করিম সাহেব একজন হিসাবরক্ষক। তিনি বিভিন্ন ধরনের সংখ্যা পদ্ধতি সম্পর্কে ধারণা রাখেন। তাই তিনি হিসাবের রাখার সুবিধার্থে গোপনীয়তা রক্ষা করেন এবং হিসাবের খাতায় ডেসিমেল সংখ্যা ৭৭ না লিখে 4D এবং 488.230 না লিখে 1 E8 ও 3AE147 লিখলেন।

- (ক) উদ্দীপকে উল্লিখিত ২য় ডেসিমেল সংখ্যাকে অষ্টাল সংখ্যায় রূপান্তর কর।

(খ) উদ্দীপকে উল্লিখিত ১ম হেক্সাডেসিমেল সংখ্যার সাথে $(123.46)_8$ সংখ্যাটি যোগ করে বাইনারিতে প্রকাশ করা যাবে কিনা? গাণিতিকভাবে মতামত দাও।

- (ক) উদ্দীপকে উল্লিখিত ২য় ডেসিমেল সংখ্যাটি হচ্ছে 488.230

পূর্ণ অংশের ক্ষেত্রে—

$$\begin{array}{r}
 8 \quad | \quad 488 - তাগশেষ \\
 8 \quad | \quad 61 - 0 \\
 8 \quad | \quad 7 - 5 \\
 \hline
 0 - 7
 \end{array}$$

$$\text{तात्पर्य } (488)_{10} = (750)_8$$

$$\text{ভগ্নাংশের ক্ষেত্রে, } 0.23 \times 8 = 1.84 = 0.84 + 1$$

$$0.84 \times 8 = 6.72 = 0.72 + 6$$

$$0.72 \times 8 = 5.76 = 0.76 + 5$$

$$0.76 \times 8 = 6.08 = 0.08 + 6$$

$$\therefore (0.230) = (0.1656)$$

.. (0 250) = (0 1000),

তাহলে উক্ত ডেসিমেল সংখ্যাটির অষ্টাল সংখ্যা হচ্ছে (750.1656)

$$\therefore (488\cdot230)_{10} = (750\cdot1656 \dots\dots)_8$$

(খ) এখানে, $(4D)_{16} = (1001101)_2$ (i)

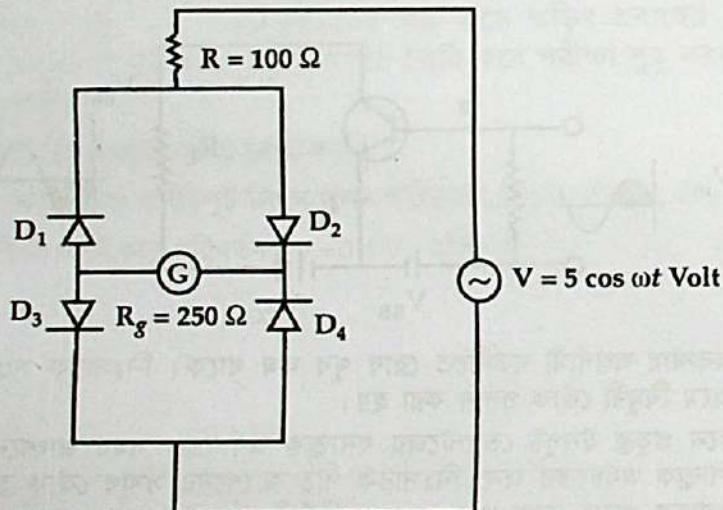
$$(123.46)_8 = (001010011 . 100110)_2 \dots \dots \dots \text{ (ii)}$$

(i) ও (ii) যোগ করে পাই,

$$\begin{array}{r} 001010011\cdot100110 \\ (+) \ 001001101\cdot000000 \\ \hline 10100000\cdot100110 \end{array}$$

$$\therefore 4D + (123.46)_8 = (10100000.100110)_2$$

৭। নিচের চিত্র অনুযায়ী চারটি ডায়োড, একটি রোধ ও একটি গ্যালভানোমিটার সংযোগ দেওয়া হলো।



(ক) বর্তনীর সর্বোচ্চ তড়িৎ প্রবাহ $i_{max} = ?$

(খ) গ্যালভানোমিটার কীভাবে DC ভোল্টমিটার হিসেবে কাজ করে চিত্র থেকে ব্যাখ্যা কর।

(ক) এখানে, $V = 5 \cos \omega t$ Volt(i)

$$\therefore V_{max} = 5 \text{ Volt}$$

$$R = 100 \Omega \text{ and } R =$$

— $\overline{v} = \frac{1}{2}(v_1 + v_2) = 100 - 250 = -150 \text{ cm/s}$

$$\therefore \text{মোট রোধ}, R_s = 100 + 250 = 350 \text{ টা}$$

$$\therefore i_{max} = \frac{V_{max}}{R_s} = \frac{5}{350} = 0.0142 \text{ A}$$

(খ) চিত্রে ব্রীজ রেকটিফায়ার বর্তনী দেখানো হয়েছে। যখন ইনপুট $V = 5 \cos \omega t$ Volt প্রয়োগ করা হয় তখন ধনাত্মক অর্ধক্রের জন্য D_2 ও D_3 ডায়োড সম্মুখ রোক প্রাপ্ত হয়। আর D_4 , D_1 ডায়োড বিপরীত রোক প্রাপ্ত হয়। আবার ঋণাত্মক অর্ধক্রের জন্য D_4 , D_1 সম্মুখ রোক প্রাপ্ত হয় আর D_2 ও D_3 বিপরীত রোক প্রাপ্ত হয়। যখন D_2 , D_3 এর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তখন গ্যালভানোমিটারের কাঁটা একদিকে বিক্ষেপ দেয় আবার যখন D_4 ও D_1 দিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহন করে তখন সেই একই দিকে বিক্ষেপ দেয়। কিন্তু বর্তনীর মধ্যে ডিসি/এসি উভয় উপাদান বিদ্যমান। যেহেতু গ্যালভানোমিটার এর মধ্যে শুধু একদিকে বিক্ষেপ দেয় তাই এটি DC ভোল্টমিটার হিসেবে কাজ করে।

৮। একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টরের 10^8 টি ইলেক্ট্রন 10^{-8} s সময়ে এমিটারে গমন করে।

(ক) এমিটার প্রবাহ নির্ণয় কর।

(খ) যদি 1% মুক্ত ইলেক্ট্রন পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয় তবে প্রবাহ বিবর্ধকের মান কীরূপ হবে তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [ব. বো. ২০১৭]

(ক) আমরা জানি,

$$I_E = \frac{Ne}{t}$$

$$= \frac{10^8 \times 1.6 \times 10^{-19}}{10^{-8}}$$

$$= 1.6 \times 10^{-3} \text{ A} = 1.6 \text{ mA}$$

(খ) মোট ইলেক্ট্রন, $N = 10^8$ টি

$$\text{পীঠ অঞ্চলে নষ্ট হয়} = \left(10^8 \times \frac{1}{100} \right) \text{ টি} = 10^6 \text{ টি}$$

সংগ্রাহকে প্রবেশ করে, $N' = 99\% = \frac{99}{100} \times 10^8 = 9.9 \times 10^7$ টি ইলেক্ট্রন

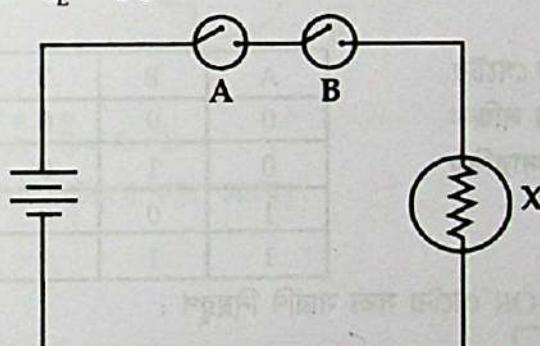
$$\text{সংগ্রাহক প্রবাহ}, I_C = \frac{9.9 \times 10^7 \times 1.6 \times 10^{-19}}{10^{-8}}$$

$$= 1.584 \times 10^{-3} = 1.584 \text{ mA}$$

এমিটার প্রবাহ, $I_E = 1.6 \text{ mA}$ (ক থেকে প্রাপ্ত)

$$\text{প্রবাহ বিবর্ধক}, \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{1.584}{1.6} = 0.99$$

৯।



এখানে,

প্রবাহিত ইলেক্ট্রন, $N = 10^8$ টি

ইলেক্ট্রন চার্জ, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

সময়, $t = 10^{-8} \text{ s}$

এমিটার প্রবাহ, $I_E = ?$

| P | Q | R |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(ক) বর্তনী-১ সত্য সারণি বাট্রিথ টেবিল লিখ।

(খ) উদ্বীপকে দেওয়া সত্যক সারণির নজিক গেটের আউটপুটে একটি NOT গেট মুক্ত করলে কোনো নজিক গেট তৈরি হবে কি-না তা চিত্রের এবং সত্য সারণির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৬]

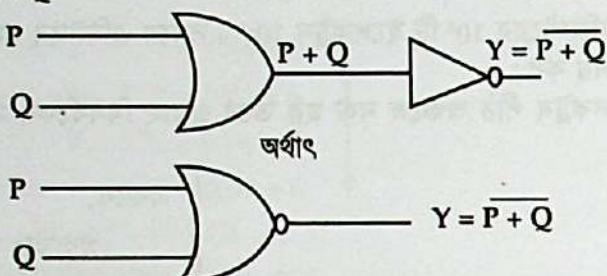
(ক) উদ্বীপকের বর্তনী হলো AND গেটের বর্তনী। AND গেটের সত্য সারণি নিম্নরূপ :

| ইনপুট | | আউটপুট |
|-------|---|-----------------|
| A | B | $Y = A \cdot B$ |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(খ) উদ্দীপকে দেওয়া সত্য সারণি হলো OR লজিক গেটের। OR লজিক গেটের আউটপুটে একটি NOT গেট যুক্ত করলে NOR লজিক গেট তৈরি হবে। নিচে চিত্র এবং সত্য সারণির সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হলো :

দুটি ইনপুট P ও Q দিয়ে তৈরি OR গেটের সাথে NOT গেট যুক্ত করলে NOR গেট তৈরি হবে এবং এর আউটপুট হবে $Y = \overline{P+Q}$

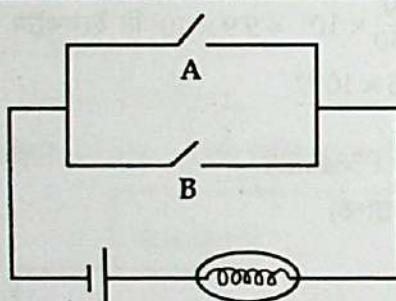
$$\text{অর্থাৎ } Y = \text{NOT}(P+Q) = \overline{P+Q}$$



সত্য সারণি :

| A | B | $A+B$ | $Y = \overline{A+B}$ |
|---|---|-------|----------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

১০।



(ক) বর্তনীর সত্য সারণি লিখ।

(খ) উদ্দীপকে দেওয়া সত্য সারণির লজিক গেটের আউটপুটে একটি NOT গেট যুক্ত করলে কোনো লজিক গেট তৈরি হবে কি-না তা চিত্রের ও সত্য সারণির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

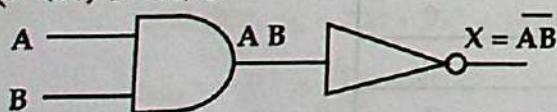
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(ক) উদ্দীপকের বর্তনী হলো OR গেটের। OR গেটের সত্য সারণি নিম্নরূপ :

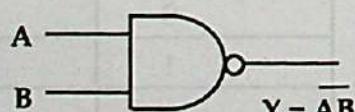
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(খ) উদ্দীপকে দেওয়া সত্য সারণি হলো AND গেটের। এখন AND গেটের আউটপুটে একটি NOT গেট যুক্ত করলে NAND লজিক গেট তৈরি হবে। নিচে চিত্র ও সত্য সারণির সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হলো :

দুটি ইনপুট A ও B দিয়ে তৈরি AND গেটের সাথে NOT গেট যুক্ত করলে NAND গেট তৈরি হবে এবং তার আউটপুট হবে, $Y = \overline{A \cdot B}$



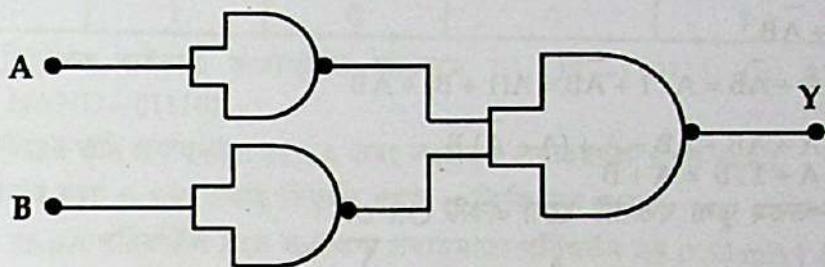
অর্থাৎ



সত্য সারণি

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

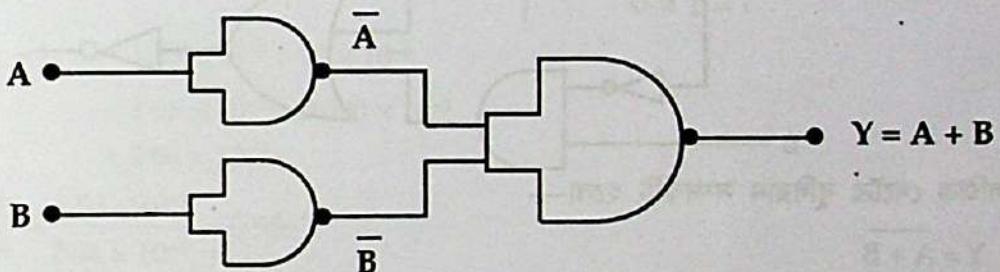
১১। নিচের প্রদর্শিত চিত্রে NAND গেটের সমবায় দেখানো হয়েছে।



(ক) উদ্দীপকের সমবায়টির ট্রুথ টেবিল লেখ এবং সমবায়টি কোন গেটের কাজ সম্পাদন করে বের কর।

(খ) শুধুমাত্র NAND গেট ব্যবহার করে কীভাবে XOR গেট তৈরি করা যায়—দেখাও।

(ক)



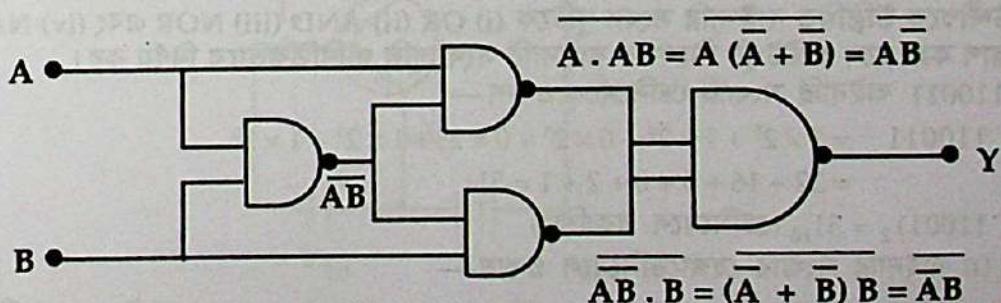
ট্রুথ টেবিল

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

স্পষ্টতই এটি OR গেটের কাজ করবে।

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(খ)



$$\therefore Y = \overline{A \cdot \overline{B}} \cdot \overline{A \cdot B} = \overline{AB} + \overline{AB} = \overline{AB} + \overline{AB}, \text{ এটি XOR গেটের আউটপুট।}$$

১২। চিত্রে একটি লজিক বর্তনী দেখানো হয়েছে।



(ক) প্রদত্ত লজিক বর্তনীর ক্ষেত্রে বুলিয়ান সম্পর্কটি নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের লজিক বর্তনীর সঙ্গে একটি NOT গেট যুক্ত করলে গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখাও যে সংক্ষিপ্ততম তুল্য বর্তনীটি একটি NOR গেট নির্দেশ করবে।

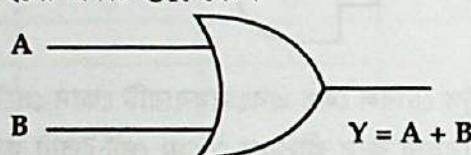
(ক) নির্ণীত বুলিয়ান সম্পর্কটি হলো,

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

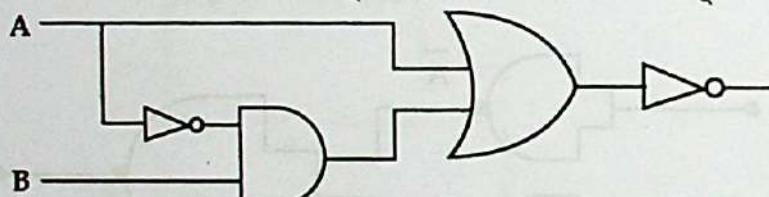
$$\text{এখন, } Y = A + \bar{A}B = A \cdot 1 + \bar{A}B = A(1 + B) + \bar{A}B$$

$$= A + AB + \bar{A}B = A + (A + \bar{A})B \\ = A + 1 \cdot B = A + B$$

সূতরাং, সংক্ষিপ্ততম তুল্য বর্তনীটি হলো একটি OR গেট।



(খ) উদ্দীপকের লজিক বর্তনীতে একটি NOT গেট যুক্ত করলে লজিক বর্তনীটি নিম্নরূপ হবে :

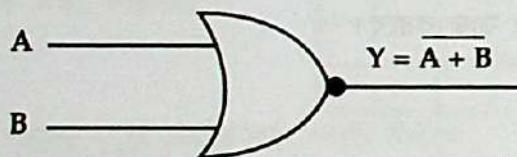


এই লজিক গেটের বুলিয়ান সম্পর্কটি হলো—

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

$$\text{এখন ডি মার্গানের উপপাদ্য অনুসারে, } \bar{A} + B = \bar{A}B$$

এটি হলো NOR গেটের বুলিয়ান সম্পর্ক। সূতরাং, সংক্ষিপ্ততম তুল্য বর্তনীটি হলো একটি NOR গেট। তুল্য বর্তনীটি নিম্নরূপ :



১৩। দুটি ডিজিটাল সংকেত A ও B কে যথাক্রমে 110011 এবং 100110 এই দুটি বাইনারি সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

(ক) প্রথম বাইনারি সংখ্যাটিকে ডেসিমেলে এবং দ্বিতীয় বাইনারি সংখ্যাটিকে হেক্সাডেসিমেলে প্রকাশ কর।

(খ) উদ্দীপকে উল্লিখিত বাইনারি সংখ্যা দুটিকে (i) OR (ii) AND (iii) NOR এবং (iv) NAND গেটের ইনপুট হিসেবে আরোপ করা হলে আউটপুট নির্দেশক বাইনারি সংখ্যাগুলি গাণিতিকভাবে নির্ণয় কর।

(ক) 110011 বাইনারি সংখ্যার ডেসিমেলে প্রকাশ—

$$110011 = 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ = 32 + 16 + 0 + 0 + 2 + 1 = 51$$

$$\therefore 110011_2 = 51_{10} \text{ (ডেসিমেলে প্রকাশিত)}$$

100110 বাইনারি সংখ্যার হেক্সাডেসিমেলে প্রকাশ—

$$100110 = 0010 0110$$

2 6

$$\therefore 100110_2 \longrightarrow 26_{16} \text{ (হেক্সাডেসিমেলে প্রকাশিত)}$$

(খ) উদ্দীপকে উল্লিখিত দুটি ইনপুট A ও B এবং এদের (i) OR ($A + B$), (ii) AND (AB), (iii) NOR ($\overline{A + B}$)
এবং (iv) NAND (AB) আউটপুট সত্য সারণিতে দেখানো হলো।

| A | B | $A + B$ | AB | $\overline{A + B}$ | \overline{AB} |
|---|---|---------|------|--------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

সূতরাং, আউটপুট নির্দেশক বাইনারি সংখ্যাগুলো যথাক্রমে (i) OR—110111, (ii) AND—100010, (iii)
NOR—001000 এবং (iv) NAND—011101।

১৪। একটি ট্রানজিস্টরের ভূমি প্রবাহমাত্রা $90 \mu\text{A}$ এবং সঞ্চাহক প্রবাহমাত্রা 1.95 mA ।

(ক) ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ β এবং প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α নির্ণয় কর।

(খ) ভূমি প্রবাহমাত্রা $25 \mu\text{A}$ পরিবর্তিত হলে সঞ্চাহক প্রবাহমাত্রা পরিবর্তন হয় 0.55 mA । β_{ac} এর মান কত?

(ক) আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_c}{I_b} = \frac{1.95 \times 10^{-3}}{90 \times 10^{-6}} = 21.67$$

এখানে,

$$I_b = 90 \mu\text{A} = 90 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_c = 1.95 \text{ mA} = 1.95 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\alpha \text{ ও } \beta = ?$$

$$\begin{aligned} \text{আবার, } I_c &= I_c + I_b = 1.95 \times 10^{-3} + 90 \times 10^{-6} \\ &= 1.95 \times 10^{-3} + 0.090 \times 10^{-3} \\ &= 2.04 \times 10^{-3} \end{aligned}$$

$$\text{সূতরাং, } \alpha = \frac{I_c}{I_c} = \frac{1.95 \times 10^{-3}}{2.04 \times 10^{-3}} = 0.956$$

(খ) আমরা জানি,

$$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

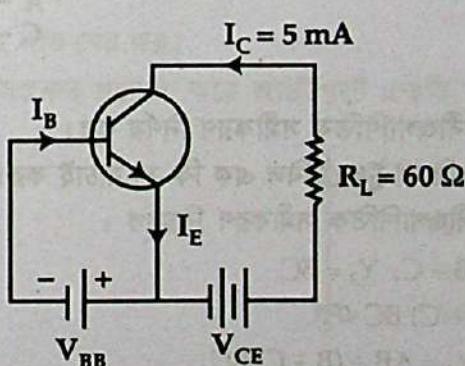
$$\therefore \beta_{ac} = \frac{0.55 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-6}} = 22$$

এখানে,

$$\Delta I_b = 25 \mu\text{A} = 25 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$\Delta I_c = 0.55 \text{ mA} = 0.55 \times 10^{-3} \text{ A}$$

১৫।



উদ্দীপকে একটি কমন এমিটার $n-p-n$ অ্যাম্প্লিফিকেশনের বর্তনী দেখানো হলো। বর্তনীর গতীয় রোধ 40Ω । এর
কারেন্ট গেইন 75। বর্তনীর $R_L = 60 \Omega$ এবং কালেক্টর কারেন্ট 5 mA ।

(ক) উদ্দীপকের বর্তনীর প্রবাহ বিবর্ধন গুণক নির্ণয় কর।

(খ) উল্লিপকের বৰ্তনী থেকে 100% ভোল্টেজ গেইন পাওয়া সম্ভ কি -না—গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে যাচাই কৰ। [ঢ. বো. ২০১৭]

(ক) আমৱা জানি,

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

$$\text{এবং প্ৰবাহ লাভ, } \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

$$\text{বা, } I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5 \times 10^{-3}}{75} = 6.67 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$\text{আবাৰ, } I_E = I_B + I_C = 6.67 \times 10^{-5} + 5 \times 10^{-3} \\ = 5.067 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{অতএব, } \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{5 \times 10^{-3}}{5.067 \times 10^{-3}} = 0.987$$

বিকল্প পদ্ধতি :

$$\text{আমৱা জানি, } \beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

$$\therefore 75 = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad \text{বা, } 75 - 75\alpha = \alpha$$

$$\text{বা, } 75\alpha + \alpha = 75 \quad \text{বা, } 76\alpha = 75$$

$$\therefore \alpha = \frac{75}{76} = 0.987$$

(খ) আমৱা জানি,

$$\text{গেইন, } V = \frac{\text{আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুট ভোল্টেজ}} = \frac{V_0}{V_i} = \beta \times \frac{R_L}{R_i}$$

$$\therefore V = 75 \times \frac{60}{40} = 112.5$$

এখানে,

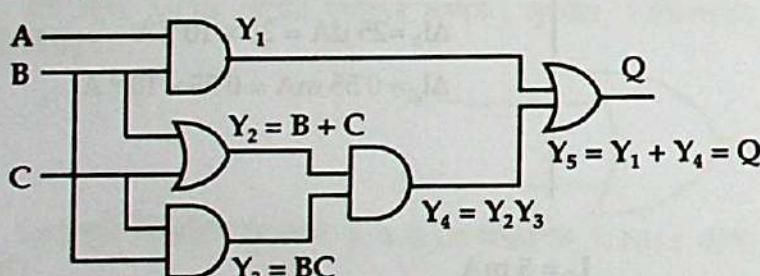
$$\text{কালেক্টর কাৰেন্ট, } I_C = 5 \text{ mA} = 5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\text{প্ৰবাহ লাভ, } \beta = 75$$

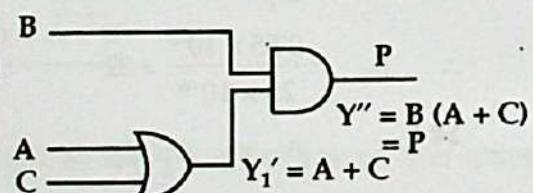
$$\text{প্ৰবাহ বিৰ্দন গুণক, } \alpha = ?$$

সূতৰাং, ভোল্টেজ গেইন 100% অপেক্ষা বেশি। অতএব, গাণিতিক বিশ্লেষণ থেকে এটি সম্ভ যে বৰ্তনীৰ ভোল্টেজ গেইন 100% পাওয়া সম্ভব।

১৬।



চিত্ৰ ১



চিত্ৰ ২

(ক) Q-এর জন্য বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকৰণ নিৰ্ণয় কৰ।

(খ) উভয় চিত্ৰেৰ সত্য সাৱণি বা ট্ৰুথ টেবিল এক কি-না যাচাই কৰ।

(ক) চিত্ৰ ১-এর বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকৰণ নিম্নৰূপ :

$$Y_1 = AB, Y_2 = B + C, Y_3 = BC$$

$$Y_4 = Y_2 Y_3 = (B + C) BC \text{ এবং}$$

$$Y_5 = Q = Y_1 + Y_4 = AB + (B + C) BC$$

$$= AB + B \cdot BC + C \cdot BC = AB + BC + BC \cdot C$$

$$= AB + BC + BC = AB + BC$$

$$\therefore \text{নিৰ্ণয় বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকৰণ, } Q = AB + BC$$

(খ) চিত্র ২-এর সত্য সারণি

| A | C | $Y_1' = A + C$ |
|---|---|----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

| B | $Y_1' = A + C$ | $Y_2' = BY_1'$ $= (A + C)B$ |
|---|----------------|--------------------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

চিত্র ১-এর সত্য সারণি :

| A | B | $Y_1 = AB$ |
|---|---|------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| B | C | $Y_2 = B + C$ |
|---|---|---------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

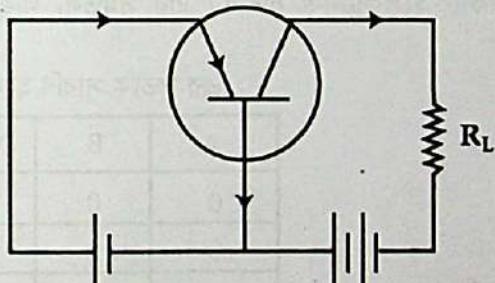
| B | C | $Y_3 = BC$ |
|---|---|------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| Y_2 | Y_3 | $Y_4 = Y_2 Y_3$ |
|-------|-------|-----------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

| Y_1 | Y_4 | $Y_5 = Y_1 + Y_4$ |
|-------|-------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

∴ উদ্দীপকের চিত্র ১ ও চিত্র ২ এর সত্য সারণি একই।

১৭। নিচের ট্রানজিস্টরের বর্তনী লক্ষ কর :



$$I_E = 0.80 \text{ mA}$$

$$I_B = 0.05 \text{ mA}$$

(ক) উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরের প্রবাহ লাভ বের কর।

(খ) ‘বর্তনীর ইনপুটে একটি দূর্বল সংকেত প্রয়োগ করে আউটপুটে একটি বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যাবে’—
উক্তিটির যথার্থতা যাচাই কর।

(ক) আমরা জানি,

$$\text{প্রবাহ লাভ}, \beta = \left(\frac{I_C}{I_B} \right) v_{CB}$$

$$\text{আবার}, I_E = I_C + I_B$$

$$\text{বা}, I_C = I_E - I_B$$

$$\therefore I_C = 0.80 \text{ mA} - 0.05 \text{ mA} = 0.75 \text{ mA}$$

$$\therefore \beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.75}{0.05} = 15$$

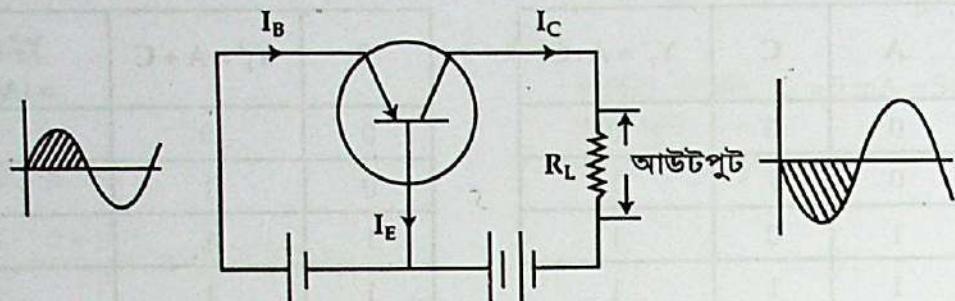
এখানে,

$$I_E = 0.80 \text{ mA}$$

$$I_B = 0.05 \text{ mA}$$

$$\text{প্রবাহ লাভ}, \beta = ?$$

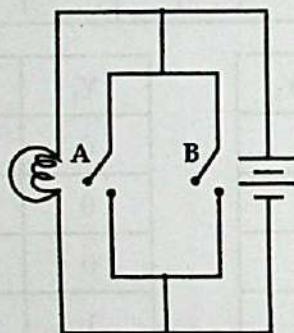
(খ)



নিঃসারক পীঠ জাংশনে প্রযুক্তি সংকেতের ধনাত্মক অর্দ্ধক্ষের সময় জাংশনের সম্মুখ ঝৌঁক বৃদ্ধি পায় ফলে নিঃসারক থেকে পীঠের মধ্য দিয়ে অধিক পরিমাণে ইলেকট্রন সংগ্রহকে প্রবাহিত হয় এবং সংগ্রহক প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। এই সংগ্রহক প্রবাহ লোড রোধের ভেতর দিয়ে প্রবাহের ফলে বিভব পতন ঘটায়। এই বিভব পতনের পরিমাণ সংগ্রহক প্রবাহ I_C ও লোড রোধ R_L -এর গুণফলের সমান, অর্থাৎ $V = I_C R_L$ । ফলে আউটপুটে অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যায়। উদ্দীপকের ট্রানজিস্টরে $I_B = 0.05 \text{ mA}$ এবং $I_C = 0.75 \text{ mA}$ (কথেকে প্রাপ্ত)।

আবার সংকেতে ঝণাত্মক অর্দ্ধক্ষের জন্য নিঃসারক পীঠ জাংশনের সম্মুখ ঝৌঁক হ্রাস পায় ফলে সংগ্রহক প্রবাহও কমে যায়। সংগ্রহক প্রবাহ কমে যাওয়ায় আউটপুট ভোল্টেজও হ্রাস পায়, তবে তা ইনপুট ভোল্টেজ অপেক্ষা বেশি হয়। এভাবে ট্রানজিস্টর দুর্বল সংকেতকে অ্যাম্প্লিফাই বা বিবর্ধিত করে।

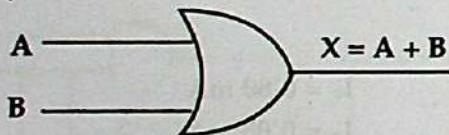
১৮।



(ক) উদ্দীপকের বর্তনীটি যে লজিক গেইটের সমতুল্য তার চিত্র ও সত্যক সারণি দাও।

(খ) উদ্দীপকের বর্তনীতে কী পরিবর্তন করলে এমন একটি গেইট পাওয়া যাবে যার দুটি ইনপুট লজিক সত্য হলে আউটপুট লজিক মিথ্যা হবে? চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৬]

(ক) চিত্রে উদ্দীপকে বর্ণিত বর্তনী OR গেটের একটি ইলেক্ট্রনিক বর্তনী। এর সমতুল্য লজিক গেট এর চিত্র নিম্নরূপ :



এর সত্যক সারণি হলো—

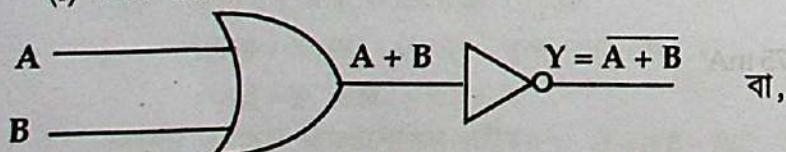
| A | B | $X = A + B$ |
|---|---|-------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(খ) এখন উদ্দীপকের OR গেটের আউটপুট X-কে একটি NOT গেটের ইনপুটের সাথে যুক্ত করলে NOR গেট তৈরি হবে। NOR গেটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকতে পারে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে। এখানে আউটপুটের সমীকরণ হলো—

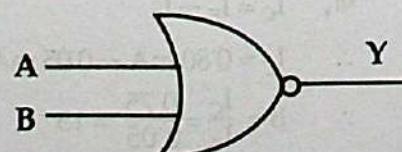
$$Y = \text{NOT} (A + B) = \overline{A + B}$$

এর লজিক গেট ও সত্যক সারণি নিম্নরূপ :

(i) লজিক গেট—



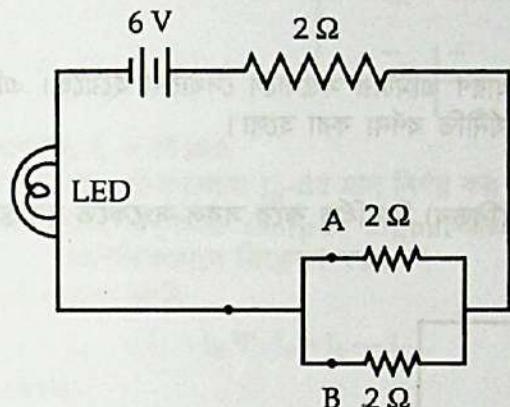
বা,



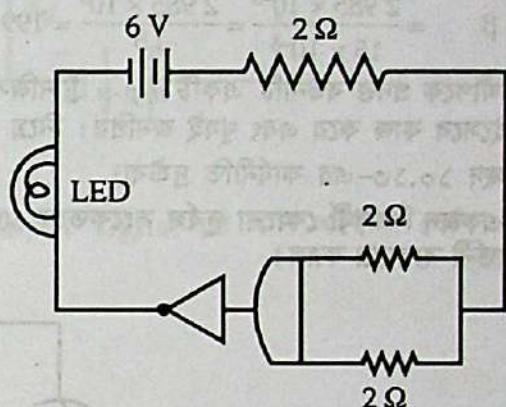
(ii) সত্যক সারণি—

| A | B | $A + B$ | $Y = \overline{A + B}$ |
|---|---|---------|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

১৯।



চিত্র ১



চিত্র ২

(ক) ১নং চিত্রের বর্তনীর মূল প্রবাহ বের কর।

(খ) ২নং চিত্রে LED বাতিটি জ্বলবে কি না ব্যাখ্যা কর।

(ক) চিত্র-১ এ A ও B রোধদ্বয় সমান্তরালে যুক্ত। সুতরাং এদের তুল্য রোধ,

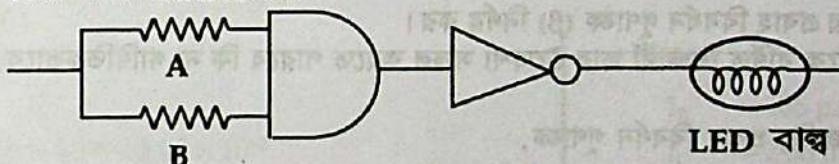
(সকল বোর্ড ২০১৮)

$$R' = \frac{2}{1+1} = 1\Omega \quad \left[\because \frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1+1}{2} = \frac{2}{2} \right]$$

অতএব, বর্তনীর মোট রোধ, $R = 2\Omega + R' = 2\Omega + 1\Omega = 3\Omega$

$$\therefore \text{বর্তনীর মূল প্রবাহ}, I = \frac{V}{R} = \frac{6}{3} = 2A$$

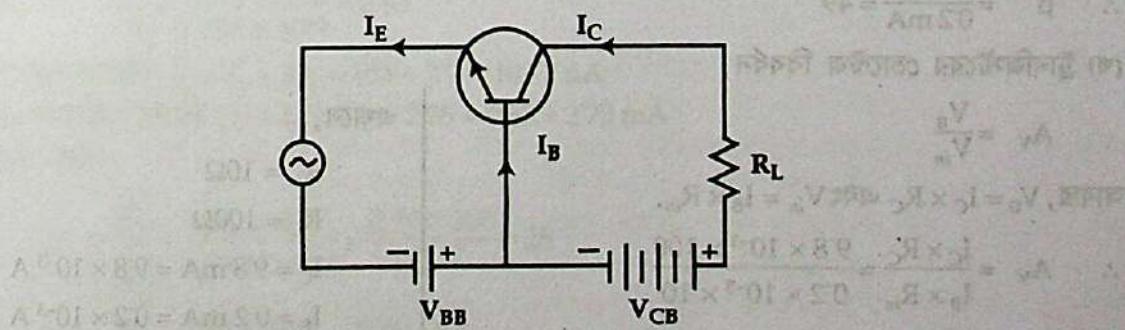
(খ) ২নং বর্তনীতে গেটটি একটি NAND গেট।



NAND গেট হলো AND গেট ও NOT গেটের সমষ্টি।

এখন, A ও B উভয় ইনপুটে তড়িৎ প্রবাহ থাকলে AND গেটের আউটপুটে প্রবাহ পাওয়া যায় যা NOT গেটের ইনপুটে প্রযুক্ত হলে এর আউটপুটে কোনো প্রবাহ পাওয়া যাবে না। সুতরাং LED বাতিটি জ্বলবে না।

২০।

চিত্রে $I_E = 3 \text{ mA}$, $I_B = 15 \mu\text{A}$.

(ক) প্রবাহ লাভ (β) নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকের ডিভাইসটি ইলেক্ট্রিক সুইচ হিসেবে খুবই জনপ্রিয়।—বিশ্লেষণ কর। [বি. বো. ২০১৯]

(ক) আমরা জানি,

$$\text{প্রবাহ লাভ } \beta = \frac{I_C}{I_B}$$

এখানে,

$$I_E = 3 \text{ mA} = 3 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_B = 15 \mu\text{A} = 15 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$\text{আবার, } I_C = I_E - I_B = 3 \times 10^{-3} - 15 \times 10^{-6}$$

$$= 3 \times 10^{-3} - 0.015 \times 10^{-3}$$

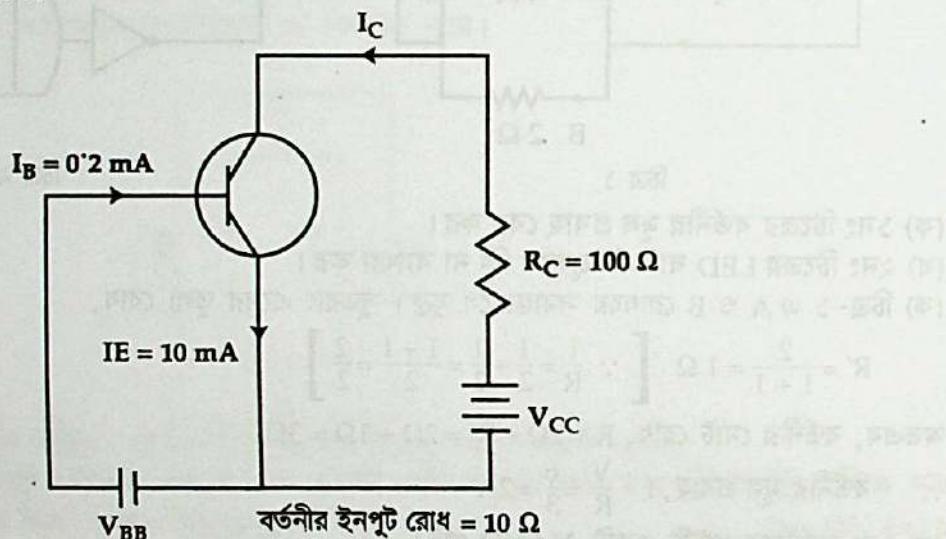
$$= 2.985 \times 10^{-3} = 2.985 \text{ mA}$$

$$\therefore \beta = \frac{2.985 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-6}} = \frac{2.985 \times 10^3}{15} = 199$$

(খ) উদ্দীপকে প্রদত্ত বর্তনীটি একটি $n-p-n$ ট্রানজিস্টর সাধারণ এমিটার সংযোগে দেখানো হয়েছে। এটি একটি সুইচ বর্তনী হিসেবে কাজ করে এবং খুবই জনপ্রিয়। নিম্নে এর কার্যনীতি বর্ণনা করা হলো।

(অনুচ্ছেদ ১০.১৩-এর কার্যনীতি দ্রষ্টব্য)

২১। একজন শিক্ষার্থী কোনো দূর্বল সংকেতকে 500 গুণ (বিডব) বিবর্ধিত করে সবল সংকেতে রূপান্তর করার জন্য নিচের বর্তনী ব্যবহার করল।



(ক) বর্তনীর প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক (β) নির্ণয় কর।

(খ) উদ্দীপকে বর্ণিত শিক্ষার্থী তার উদ্দেশ্য সফল করতে পারবে কি না গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

[বি. বো. ২০১৯]

(ক) আমরা জানি, প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক,

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ আবার, } I_C = I_E - I_B$$

$$\therefore I_C = 10 \text{ mA} - 0.2 \text{ mA}$$

$$= 9.8 \text{ mA}$$

$$\therefore \beta = \frac{9.8 \text{ mA}}{0.2 \text{ mA}} = 49$$

(খ) ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ বিবর্ধন,

$$A_V = \frac{V_o}{V_{in}}$$

আবার, $V_o = I_C \times R_C$ এবং $V_{in} = I_B \times R_{in}$.

$$\therefore A_V = \frac{I_C \times R_C}{I_B \times R_{in}} = \frac{9.8 \times 10^{-3} \times 100}{0.2 \times 10^{-3} \times 10} \\ = \frac{980}{2} = 490$$

এখানে,

$$R_{in} = 10 \Omega$$

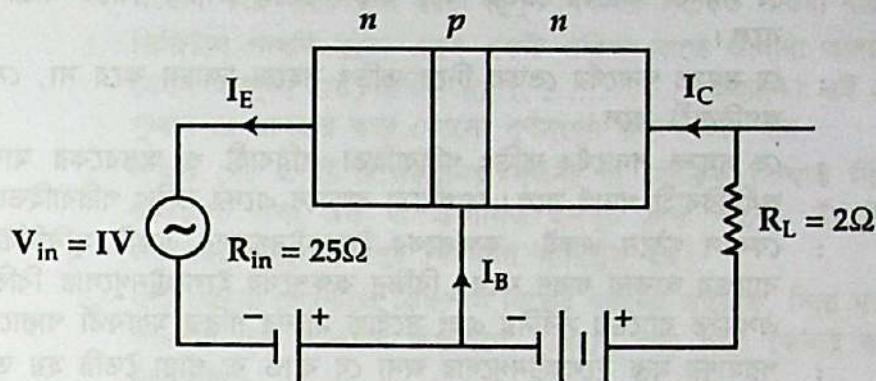
$$R_C = 100 \Omega$$

$$I_C = 9.8 \text{ mA} = 9.8 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_B = 0.2 \text{ mA} = 0.2 \times 10^{-3} \text{ A}$$

যেহেতু ভোল্টেজ বিবর্ধন 490 যা উদ্দিষ্ট 500 এর চেয়ে কম; সূতরাং শিক্ষার্থীর উদ্দেশ্য সফল হবে না।

২২।

এখানে, $I_C = 35 \text{ mA}$ (ক) প্রদত্ত চিত্র থেকে I_B -এর মান নির্ণয় কর।

(খ) চিত্র অনুসারে Output signal-এর মান Input signal-এর মান অপেক্ষা বেশি হবে কি না? [রা. বো. ২০১৯]

(ক) আমরা জানি,

$$I_E = I_C + I_B \text{ বা, } I_B = I_E - I_C$$

এখানে,

$$I_E = \frac{V_{in}}{R_{in}} = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ A} = 40 \text{ mA}$$

$$\therefore I_B = I_E - I_C = 40 - 35 = 5 \text{ mA}$$

$$(খ) \text{ আউটপুট signal, } V_0 = I_C \times R_L = 35 \times 10^{-3} \times 2 = 70 \times 10^{-3} = 0.07 \text{ V}$$

$$\text{এবং input signal, } V_{in} = 1 \text{ V}$$

সূতরাং, Output signal 0.07 V যা input signal 1 V অপেক্ষা কম।

২৩। কোনো ট্রানজিস্টরের বেস কারেন্ট $105 \mu\text{A}$ এবং কালেক্টর কারেন্ট 2.05 mA । বেস কারেন্টের $2.7 \mu\text{A}$ পরিবর্তনের ফলে কালেক্টর কারেন্টের প্রবাহ পরিবর্তিত হলো 0.65 mA ।(ক) I_E এবং α -এর মান বের কর।(খ) বেস ও কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে β -এর মান পূর্বের তুলনায় বৃদ্ধি পাবে কি-না? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। [চ. বো. ২০১৯]

(ক) আমরা জানি,

$$I_E = I_B + I_C$$

$$\begin{aligned} \therefore I_E &= 105 \times 10^{-6} + 2.05 \times 10^{-3} \\ &= 0.105 \times 10^{-3} + 2.05 \times 10^{-3} \\ &= 2.155 \times 10^{-3} \text{ A} \\ &= 2.155 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{এবং } \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{2.05 \times 10^{-3}}{2.155 \times 10^{-3}} = 0.95$$

$$(খ) \text{ বেস কারেন্ট, } I'_B = I_B + \Delta I_B = 105 + 2.7 = 107.7 \mu\text{A}$$

$$\text{এবং কালেক্টর কারেন্ট, } I'_C = I_C + \Delta I_C = 2.05 + 0.65 = 2.70 \text{ mA}$$

আমরা জানি,

$$\beta' = \frac{\Delta I'_C}{\Delta I'_B} = \frac{2.70 \times 10^{-3}}{107.7 \times 10^{-6}} = \frac{2.70 \times 10^3}{107.7} = 25$$

$$\text{এবং } \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{2.05 \times 10^{-3}}{105 \times 10^{-6}} = \frac{2.05 \times 10^3}{105} = 19.5$$

অতএব, β -এর পরিবর্তিত মান 25 যা পূর্বের β -এর মান 19.5-এর চেয়ে বেশি।

এখানে,

$$I_B = 105 \mu\text{A} = 105 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_C = 2.05 \text{ mA} = 2.05 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$\Delta I_B = 2.7 \mu\text{A} = 2.7 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$\Delta I_C = 0.65 \text{ mA} = 0.65 \times 10^{-3} \text{ A}$$

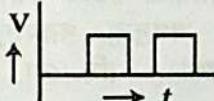
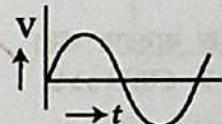
সার-সংক্ষেপ

- পরিবাহী** : যে সমস্ত পদার্থের তেতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করতে পারে সেগুলোকে পরিবাহী বলে।
- অন্তরক বা অপরিবাহী** : যে সমস্ত পদার্থের তেতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করে না, সেগুলোকে অন্তরক বা অপরিবাহী বলে।
- অর্ধপরিবাহী** : যে সমস্ত পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবাহী ও অন্তরকের মাঝামাঝি, সেগুলোকে অর্ধপরিবাহী পদার্থ বলে। তাপমাত্রা বাড়ালে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়।
- শক্তি ব্যাড** : কেলাস গঠনে একই কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলোর একটি সুনির্দিষ্ট শক্তিস্তর না হয়ে ব্যাডের আকার ধারণ করে। বিভিন্ন কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলোর বিভিন্ন ব্যাড সৃষ্টি হয়। এসমস্ত ব্যাডের সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ মানের শক্তির মধ্যবর্তী পাইলাকে শক্তি ব্যাড বলে।
- পরিবহন ব্যাড** : পরমাণুর মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর জন্য যে ব্যাড বা পাইলা তৈরি হয় তাকে পরিবহন ব্যাড বলে। পরিবহন ব্যাডের ইলেকট্রনগুলো বিদ্যুৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে।
- হোল** : পরমাণুর বন্ধন থেকে কোনো ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হলে ওই অবস্থানে যে শূন্যস্থানের সৃষ্টি হয় তাকে হোল বা গর্ত বলে। এর কার্যকর আধান +e, যদিও এটি কোনো বাস্তব কণিকা নয়।
- যোজন ব্যাড** : কোনো পদার্থের মধ্যে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি যে সমস্ত শক্তি স্তরে থাকে, সেই সকল শক্তি স্তর নিয়ে যে শক্তি ব্যাড তৈরি হয় তাকে যোজন ব্যাড বলে।
- অবিশুল্দ অর্ধপরিবাহী** : বিশুল্দ অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে বিশেষ ধরনের অপদ্রবকে সুপরিকল্পিতভাবে মিশালে অর্ধপরিবাহীটির তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। একেই অবিশুল্দ অর্ধপরিবাহী বলে।
- ডোপ্যান্ট** : অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে মিশ্রিত অপদ্রবকে ডোপ্যান্ট বলে।
- নিষিদ্ধ শক্তি ব্যবধান বা ফাঁক** : পরিবহন ব্যাড ও যোজন ব্যাডের বা যে কোনো দুটি ব্যাডের মধ্যবর্তী অঞ্চল যেখানে ইলেকট্রন থাকতে পারে না, তাকে নিষিদ্ধ শক্তি ব্যবধান বা ফাঁক বলে।
- বিশুল্দ বা সহজাত অর্ধপরিবাহী** : যে সমস্ত অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা সমান থাকে সেগুলোকে বিশুল্দ বা সহজাত অর্ধপরিবাহী বলে। এই সমস্ত অর্ধপরিবাহীতে কোনো ভেজাল থাকে না।
- p-টাইপ অর্ধপরিবাহী** : বিশুল্দ অর্ধপরিবাহীতে পঞ্চযোজী মৌল খুব সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত করলে p-টাইপ অর্ধপরিবাহী হয়। এই ধরনের পদার্থে তড়িৎ পরিবহনে ইলেকট্রনই মুখ্য ভূমিকা পালন করে।
- p-টাইপ অর্ধপরিবাহী** : বিশুল্দ অর্ধপরিবাহীর সাথে খুব সামান্য পরিমাণে ত্রিযোজী মৌল মিশ্রিত করে যে অর্ধপরিবাহী তৈরি হয় তাই p-টাইপ অর্ধপরিবাহী। এই সমস্ত পদার্থে তড়িৎ পরিবহনে ধনাত্মক ‘হোল’ মুখ্য ভূমিকা পালন করে।
- ডোপিং** : বিশুল্দ অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে খুব সামান্য পরিমাণে ত্রি-বা পঞ্চযোজী মৌলের মিশ্রণের কৌশলকে ডোপিং বলে। বিদ্যুৎ প্রবাহ বৃদ্ধির জন্য ডোপিং করা হয়।
- জাংশন ডায়োড** : একটি p-টাইপ এবং একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে p-n জাংশন বা জাংশন ডায়োড বলে। জাংশন ডায়োডে একমুখী তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।
- সম্মুখবর্তী জোঁক** : যখন জাংশনে এমনভাবে বাহ্য ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় যাতে জাংশনের বিভিন্ন প্রাচীর ত্রাস করে তড়িৎ প্রবাহ চালু করে তখন একে সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগ বলে।
- বিপরীত ঝোঁক** : ডায়োডে বা জাংশনে বাহ্য ভোল্টেজ প্রয়োগ যদি এমন হয় যে বিভিন্ন প্রাচীরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়, তখন একে বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগ বলে।
- রেকটিফায়ার** : যে ডিভাইস বা কৌশল এসি বা পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তর করে তাকে রেকটিফায়ার বলে।
- ট্রানজিস্টর** : দুটি p-n জাংশনকে পাশাপাশি বিশেষ কায়দায় সংযুক্ত করলে ট্রানজিস্টর হয়। দুটি p-টাইপ বা দুটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহীর মাঝামাঝি অত্যন্ত পাতলা এবং খুবই হাঙ্কা ডোপিং সম্মুখ যথাক্রমে একটি n-টাইপ বা একটি p-টাইপ অর্ধপরিবাহী সংযুক্ত করে p-n-p এবং n-p-n ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়।

- অ্যাম্পিফায়ার : এটি এক ধরনের ইলেক্ট্রনিক ডিভাইস বা কোশল যার ইনপুট বর্তনীতে দূর্বল সংকেত প্রয়োগ করে বহিঃবর্তনী হতে বহুগুণ বিবর্ধিত সংকেত পাওয়া যায়।
- ডিজিটাল পদ্ধতি : ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যাতে আলাদা আলাদা একক ব্যবহৃত হয়। যেমন আজুল, হাত, ডিজিট ($0, 1, 2 \dots$) ইত্যাদি। এই এককগুলি এককভাবে বা গুচ্ছাকারে ব্যবহার করে কোনো পূর্ণসংখ্যা প্রকাশ করা যায়।
- লজিক গেট : লজিক গেট একটি ইলেক্ট্রনিক বর্তনী যা যৌক্তিক সিদ্ধান্ত নিতে পারে। এর একটি আউটপুট এবং এক বা একাধিক ইনপুট প্রাপ্ত থাকে। ইনপুট সিগন্যালের নির্দিষ্ট সময়ের জন্য আউটপুট সিগন্যাল আবির্ভূত হয়।
- জেনার ডায়োড : এটি জেনার ভোল্টেজে ক্রিয়াশীল বিশেষ ধরনের ডায়োড, স্থির মানের ডি. সি. ভোল্টেজ পাওয়ার জন্য পাওয়ার সাপ্লাইতে ব্যবহার করা হয়। জেনার ডায়োড বিপরীত রোকে ক্রিয়াশীল।
- আই. সি. (IC) : এটি একটি সিলিকনের তৈরি সলিড স্টেট (Solid state) অর্ধপরিবাহী ডিভাইস যাকে চিপ বলে। একটি চিপের মধ্যে বহু সংখ্যক ডায়োড, ট্রানজিস্টর, রোধক, ধারক ইত্যাদি অভ্যন্তরীণভাবে সংযুক্ত থাকে।

বহুনির্বাচনি প্রশ্নের উত্তরের জন্য প্রয়োজনীয় বিষয়াবলির সার সংক্ষেপ

- ১। অতি নিম্ন তাপমাত্রায় অতি পরিবাহী পদার্থের রোধ শূন্যে নেমে আসে।
- ২। পূর্ণতরভা রেকটিফায়ারে আউটপুট পাওয়া যায় ইনপুটের পূর্ণচক্রের জন্য।
- ৩। জেনার ভোল্টেজ পাওয়া যায় রিভার্স বায়াসে।
- ৪। I_C এবং I_E লেখচিত্রের চাল হলো, α ।
- ৫। বাইনারিতে 0 দিয়ে ভাগ করলে—অর্থহীন হবে।
- ৬। অর্ধপরিবাহীতে শক্তির ব্যবধান 1eV মানের বা তার কিছু কম-বেশি হয়।
- ৭। NOT গেটের ক্ষেত্রে ইনপুট হাই হলে আউটপুট লো হয়।
- ৮। কার্বন হলো অন্তরক পদার্থ।
- ৯। AND গেটের সকল ইনপুট 1 হলেই আউটপুট কেবলমাত্র 1 হয়।
- ১০। বাইনারি পদ্ধতিতে লজিক অবস্থা 2টি।

- ১১।  হলো ডিজিটাল সিগন্যাল এবং  হলো অ্যানালগ সিগন্যাল।

- ১২। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ডেজাল মিশ্রণ করে পরিবাহিতা বৃদ্ধি করা যায়।
- ১৩। বাইনারি পদ্ধতিতে চার ডিজিটের সর্বোচ্চ 15টি নম্বর দেওয়া যাবে।
- ১৪। অর্ধপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ $10^{-5}\Omega\text{-m}$ থেকে $10^8\Omega\text{-m}$ ।
- ১৫। পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ড এর মধ্যে রাবারের আপেক্ষিক রোধ বেশি।
- ১৬। রাবার, জার্মেনিয়াম, সিলিকন, তামা এর মধ্যে রাবারের আপেক্ষিক রোধ বেশি।
- ১৭। পরিবাহী, অর্ধপরিবাহী, অন্তরক এর মধ্যে অর্ধপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ মাঝামাঝি।
- ১৮। হোল তড়িৎ পরিবাহীতে অংশ নেয়, এটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত। যোজন ব্যান্ড সৃষ্টি হয়।
- ১৯। যোজন ব্যান্ডের শক্তি পাল্যার মধ্যে (i) যোজন ইলেক্ট্রন অবস্থান করে (ii) পরমাণুর সর্ববিঃস্থ কক্ষে পরিবহন ইলেক্ট্রন থাকে।
- ২০। ট্রানজিস্টর আবিষ্কারের জন্য 1966 সালে বার্ডিন, ব্রাটেন ও শকলে নোবেল পুরস্কার পান।
- ২১। কোনো সংখ্যা লেখা বা প্রকাশ করার পদ্ধতিকে বলা হয় সংখ্যা পদ্ধতি।
- ২২। দশমিক পদ্ধতিতে চিহ্ন আছে 10টি। বাইনারি পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মৌলিক চিহ্ন 0 এবং 1।
- ২৩। আটটি বিট নিয়ে গঠিত হয় একটি বাইট।
- ২৪। বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতির বেস 2, অষ্টাল সংখ্যা পদ্ধতির বেস 8, হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতির বেস 16।
- ২৫। আমরা সাধারণত যে সংখ্যা পদ্ধতি ব্যবহার করে গাণিতিক কাজ করি তার নাম ডেসিমেল বা দশমিক পদ্ধতি।
- ২৬। সরলতম সংখ্যা পদ্ধতি হচ্ছে বাইনারি, কম্পিউটার ও ক্যালকুলেটরের অভ্যন্তরীণ হিসাব করা হয় বাইনারি পদ্ধতিতে।
- ২৭। Exclusive OR গেটকে সংক্ষেপে XOR বলে। NOT গেটের আউটপুট সর্বদা ইনপুটের বিপরীত হয়। একটি ইনপুট একটি আউটপুট থাকে NOT গেটের।

- ২৮। OR গেট এবং NOT গেট যুক্ত করলে NOR গেট হয়। দুটি মৌলিক গেট AND এবং NOT গেট যুক্ত করে NOT গেট তৈরি করা হয়।
- ২৯। NOR গেটের দুইটি ইনপুট X ও Y এবং আউটপুট F হলে $F = \overline{X + Y}$ হবে। X ও Y ইনপুটবিশিষ্ট একটি XOR গেটের আউটপুট $F = X(+Y)$, NAND গেটের দুটি ইনপুট X ও Y হলে আউটপুট $F = \overline{X \cdot Y}$
- ৩০। OR গেটে—
 (i) দুই বা ততোধিক ইনপুট দিলে একটি আউটপুট পাওয়া যায়
 (ii) বর্তনীর সমতুল্য হলো একটি সমান্তরাল সুইচ বর্তনী
 (iii) এর আউটপুট ইনপুটগুলোর যৌক্তিক যোগের সমান।
- ৩১। DM74LS32N হলো সমন্বিত বর্তনী। এছাড়াও HD74LS08P, HD7404P, HD7402P, HD742SOOP হলো বিভিন্ন মানের সমন্বিত বর্তনী।
- ৩২। OR গেটের আউটপুট ইনপুটের যৌক্তিক তাৎপর্যের সমান।
- ৩৩। ট্রানজিস্টর বায়াসিং এ বেস এমিটার সম্মুখ ঘোক এবং কালেক্টর এমিটার বিপরীত ঘোকে সংযোগ দেওয়া হয়।

অনুশীলনী

(ক) বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। একটি অর্ধপরিবাহীতে যদি ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা যথাক্রমে n_e ও n_p হয় তাহলে ইন্ট্রিনসিক অর্ধপরিবাহীতে—

- (ক) $n_e = n_p$
- (খ) $n_e < n_p$
- (গ) $n_e > n_p$
- (ঘ) কোনোটি নয়

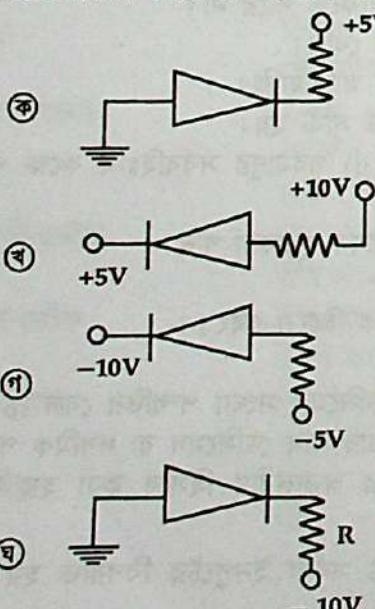
২। ডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে ডিজিট কয়টি ? [সকল বোর্ড ২০১৮]

- (ক) 2
- (খ) 8
- (গ) 10
- (ঘ) 16

৩। আংশন ডায়োড সাধারণত কী কাজে ব্যবহার করা হয় ? [চ. বো. ২০১৭; চ. বো. ২০১৬]

- (ক) রেকটিফায়ার হিসেবে
- (খ) সুইচ হিসেবে হিসেবে
- (গ) বিবর্ধক হিসেবে
- (ঘ) সম্পর্ক হিসেবে

৪। নিচের কোন ডায়োডটি রিভার্স বায়াসে ?



৫। দিক পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তরিত করে— [CUET Admission Test, 2012-13]

- (ক) ডায়োড
- (খ) ট্রানজিস্টর
- (গ) রেকটিফায়ার
- (ঘ) অ্যাম্প্রিফায়ার

৬। একটি $p-n$ সংযোগকে বিপরীত বায়াসে রাখলে—

- (ক) কোনো প্রবাহ হয় না
- (খ) নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ বাড়ে
- (গ) নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ কমে
- (ঘ) বিভব প্রাচীরের উচ্চতা কমে

৭। একটি $p-n-p$ -টাইপের অর্ধপরিবাহী তৈরি করার জন্য বিশুদ্ধ সিলিকনকে যে অপদ্রব্য পরমাণু দিয়ে ডোপিং করা হয়, সেটি হলো— [সি. বো. ২০১৭; BUET Admission Test, 2011-12]

- (ক) ফসফরাস
- (খ) কার্বন
- (গ) অ্যান্টিমনি
- (ঘ) অ্যালুমিনিয়াম

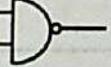
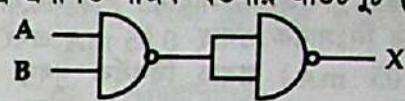
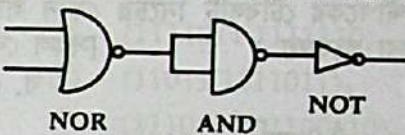
৮। একটি ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে $\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ = 0.96 হলে প্রবাহ লাভ (current gain) β -এর মান হলো—1

[রা. বো. ২০১৯ (মান ভিন্ন)]

- (ক) 6
- (খ) 12
- (গ) 24
- (ঘ) 48

৯। কমন এমিটার অ্যাম্প্রিফায়ারে ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যালের মধ্যকার দশা পার্দক্য—

- (ক) 0° [রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]
- (খ) 90°
- (গ) 180°
- (ঘ) 270°

- ১০। একটি $p-n-p$ ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে—
 (ক) সংগ্রাহকের তুলনায় নিঃসারকের ডোপিং-এর মাত্রা বেশি
 (খ) নিঃসারকের তুলনায় সংগ্রাহকের ডোপিং-এর মাত্রা বেশি
 (গ) নিঃসারক ও সংগ্রাহক উভয়ের ডোপিং-এর মাত্রা সমান
 (ঘ) ভূমি অঞ্চলটিতে ডোপিং-এর মাত্রা সর্বাপেক্ষা বেশি
- ১১। 0.3789 সংখ্যাটির সব থেকে কম তাত্পর্যপূর্ণ সংখ্যা হলো—
 (ক) 3
 (খ) 7
 (গ) 8
 (ঘ) 9
- ১২। বুলিয়ান বীজগণিত অনুযায়ী $\bar{0}$ -এর মান কত ?
 (ক) 0
 (খ) 1
 (গ) $\bar{1}$
 (ঘ) -1
- ১৩। 4 বিট নাম্বারে সর্বোচ্চ সংখ্যা কত ?
 (ক) 16
 (খ) 15
 (গ) 12
 (ঘ) 9
- ১৪। বাইনারি পদ্ধতিতে লজিক অবস্থা কয়টি ?
 (ক) একটি
 (খ) দুটি
 (গ) তিনটি
 (ঘ) চারটি
- ১৫। কোন গেটের ইনপুট 1 হলে আউটপুট 0 হয় ?
 (ক) X NOR gate
 (খ) NOT gate
 (গ) XOR gate
 (ঘ) OR gate
- ১৬। চিত্রের গেটটি কোন গেটের সমতুল ?
 [চ. বো. ২০১৬]
 ইনপুট ——————  —————— আউটপুট
- বা, নিচের কোন গেটটি AND এবং NOT গেটের সমন্বয়ে গঠিত ?
 [চ. বো. ২০১৫]
 (ক) NAND গেটের
 (খ) NOT গেটের
 (গ) AND গেটের
 (ঘ) NOR গেটের
- ১৭। 206_8 -কে ডেসিমেলে রূপান্তর করলে পাওয়া যায়—
 (ক) 334
 (খ) 356
 (গ) 134
 (ঘ) 524
- ১৮। চিত্রে প্রদর্শিত লজিক বর্তনীর আউটপুট (X) হবে—

 (ক) $X = A \cdot B$
 (খ) $X = \overline{A + B}$
 (গ) $X = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}$
 (ঘ) $X = A \cdot B$
- ১৯। বাইনারি সংখ্যা 10111 -এ তুল্য দশমিক মান—
 (ক) 19
 (খ) 31
 (গ) 23
 (ঘ) 22
- ২০। চিত্রের বর্তনীটি কোন গেট নির্দেশ করে ?

 (ক) NOR গেট
 (খ) OR গেট
 (গ) AND গেট
 (ঘ) NAND গেট
- ২১। নিচের ট্রুথ টেবিলটি কোন গেটের ?

| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |

 (ক) AND গেটের
 (খ) NOR গেটের
 (গ) NAND গেটের
 (ঘ) OR গেটের
- ২২। PN জাংশন ডায়োড ব্যবহার করা যায়—
 [দি. বো. ২০১৫]
 (i) বিবর্ধক হিসেবে
 (ii) একমুখীকারক হিসেবে
 (iii) ভোল্টেজ স্থায়ীকারক হিসেবে
 নিচের কোনটি সঠিক ?
 (ক) i ও ii
 (খ) i ও iii
 (গ) ii ও iii
 (ঘ) i, ii ও iii
- ২৩। ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করলে নিঃশেষিত স্তর—
 [চ. বো. ২০১৫]
 (ক) ত্রাস পায়
 (খ) একই ধাকে
 (গ) বৃদ্ধি পায়
 (ঘ) বিলুপ্ত হয়