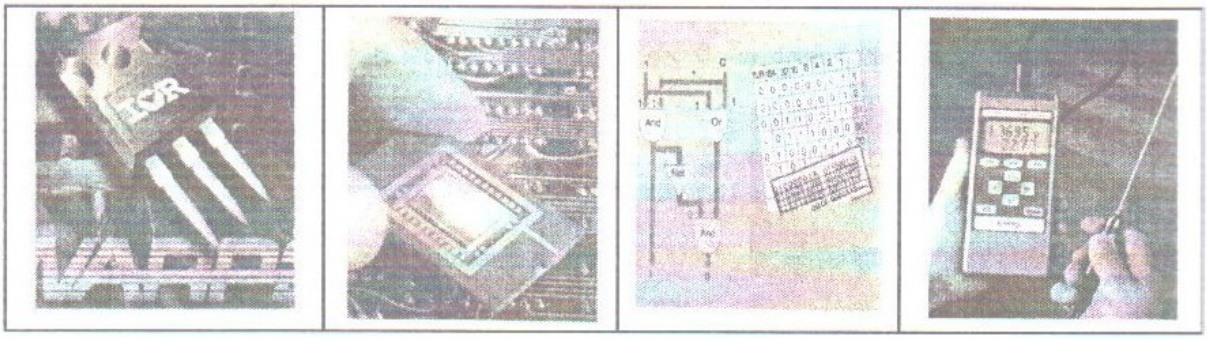
১০

সেমিকন্ডাক্টর ও ইলেকট্রনিক্স
SEMICONDUCTOR AND ELECTRONICS

প্রধান শব্দ (Key Words) : অর্ধপরিবাহী, ব্যান্ড তত্ত্ব, হোল, স্বকীয় ও বহিঃজাত অর্ধ-পরিবাহী, পি-টাইপ এবং এন-টাইপ অর্ধ-পরিবাহী, জাংশন ডায়োড, জেনার ভোল্টেজ, রেকটিফায়ার, ট্রানজিস্টর, অ্যাম্প্লিফায়ার, নম্বর পদ্ধতি, ডেসিমাল, বাইনারি, অক্টাল, হেক্সাডেসিমাল, বাইনারি অপারেশন, লজিক গেট, ট্রুথ টেবিল।



সূচনা
Introduction

বিংশ শতাব্দীকে বলা যায় ইলেকট্রনিক্সের যুগ বা শতাব্দী। একবিংশ শতাব্দীতেও যে এর অগ্রযাত্রা অব্যাহত থাকবে তা নিঃসন্দেহ। আমাদের অগ্রগতির পথকে ইলেকট্রনিক্স এমনভাবে আষ্টেপৃষ্ঠে বেঁধে রেখেছে যে সকালে ঘুম থেকে জাগ্রত হওয়া থেকে আরম্ভ করে রাতে ঘুমাতে যাওয়া পর্যন্ত প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে এর সাহায্য নিতে হচ্ছে। রেডিও, টেলিভিশন, ভি.সি.আর., কম্পিউটার, রাডার, ইন্টারনেট ইত্যাদি সব কিছুতেই রয়েছে ইলেকট্রনিক্সের উপস্থিতি। ইলেকট্রন শব্দ থেকে ইলেকট্রনিক্সের উৎপত্তি। বিজ্ঞানের যে শাখায় ভ্যাকুয়াম গ্যাস বা সেমিকন্ডাকটরের মাধ্যমে ইলেকট্রনের প্রবাহ নিয়ে কাজ করা হয় সেই শাখাকেই ইলেকট্রনিক্স (Electronics) বলা হয়। এই অধ্যায়ে ইলেকট্রনিক্সের মূল বস্তু অর্ধপরিবাহী (Semiconductor), ডায়োড, ট্রানজিস্টর, রেকটিফায়ার, এ্যাম্প্লিফায়ার, নম্বর পদ্ধতি, বাইনারি অপারেশন, লজিক গেট ও এদের ব্যবহার এবং আইসি নিয়ে আলোচনা করা হবে।

এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

- কঠিন পদার্থের ব্যান্ড তত্ত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে পরিবাহী, অপরিবাহী এবং সেমিকন্ডাক্টর ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- ইনট্রিন্সিক 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 :** ডায়োডের পূর্ণ ব্রীজ ব্যবহার করে একটি দিকপরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তর করতে পারবে।
- জাংশন ট্রানজিস্টরের গঠন ও কার্যক্রম ব্যাখ্যা করতে পারবে।
- অ্যামপ্লিফায়ার 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 :** সমন্বিত বর্তনী ব্যবহার করে গেট বর্তনীর কার্যক্রম (ট্রুথ টেবিল) যাচাই করতে পারবে।

১০.১ অর্ধপরিবাহী
Semiconductor

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

পরিবাহী, অপরিবাহী ও অর্ধপরিবাহীর ধারণা
Ideas about conductor, insulator and semiconductor

আমাদের আশে-পাশের সমস্ত পদার্থই কঠিন, তরল ও গ্যাস এই তিনটি অবস্থার যে কোনো একটি অবস্থায় বিদ্যমান। তড়িৎ পরিবাহিতার প্রকৃতি অনুসারে কঠিন পদার্থকে তিনটি শ্রেণিতে ভাগ করা যায়।

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

এক ধরনের পদার্থ আছে যার ভেতর দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না এদেরকে বলা হয় অপরিবাহী (Insulator)। যেমন—রাবার, সিরামিক, কাঁচ, কাঠ ইত্যাদি।

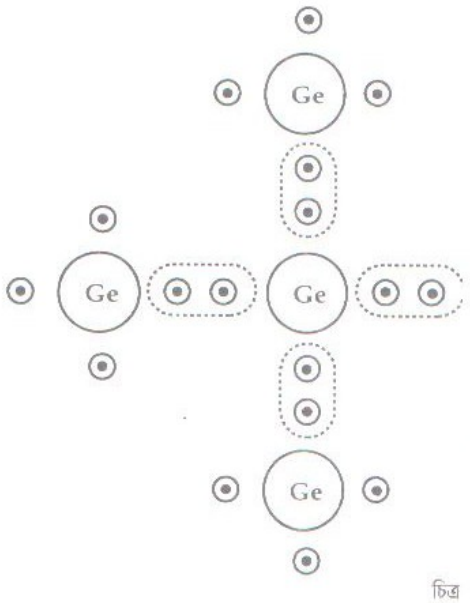
আমরা জানি, **পরিবাহী এবং অন্তরকের মাঝামাঝি এক ধরনের পদার্থ আছে যার তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবাহী পদার্থের চেয়ে অনেক কম; কিন্তু অন্তরকের চেয়ে অনেক বেশি। এগুলোকে বলা হয় অর্ধপরিবাহী।** যেমন—জার্মেনিয়াম, সিলিকন, ক্যাডমিয়াম সালফাইড, গ্যালিয়াম আর্সেনাইড ইত্যাদি।

একটি পদার্থ কতটুকু পরিবাহী বা অন্তরক তা পদার্থের আপেক্ষিক রোধ বা পরিবাহিতার মান থেকে ধারণা করা যায়। যেমন—তামার আপেক্ষিক রোধ সাধারণ তাপমাত্রায় $10^{-8}\,\Omega\text{-m}$; পক্ষান্তরে কাঁচের আপেক্ষিক রোধ $10^{16}\,\Omega\text{-m}$। 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** ... **পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।** সুপরিবাহী পদার্থের বেলায় এর ... বৃদ্ধি পায়।

অর্ধপরিবাহী পদার্থের আর একটা বিশেষ ধর্ম হচ্ছে ... নির্দিষ্ট অপদ্রব্যের খুব সামান্য অংশমাত্র (দশ লক্ষ ভাগের ... যায়। এ ধরনের মিশ্রণ পদ্ধতিকে বলা হয় ডোপিং (do... অর্ধপরিবাহী পদার্থই ব্যবহার করা হয়।

সুপরিবাহী পদার্থের গঠন এমন যে, কোনো পরম... ইলেকট্রনগুলো ঠিক পাশের পরমাণুর বাইরের কক্ষে চ...

চিত্র



পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুতে ইলেকট্রনগুলো স্বাধীনভ... স্বাধীনভাবে চলাফেরা করে বলেই পরিবাহী পদার্থ তড়ি... কিন্তু অপরিবাহী পদার্থের ঐ রকম স্বাধীন বা মুক্ত ইলেক... পদার্থের ইলেকট্রনগুলো পরমাণুতে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ

ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে -

অন্তরক পদার্থঃ

i. আপেক্ষিক রোধ $10^{12}\,\Omega\text{m}$ ক্রমের
ii. যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণ পূর্ণ
iii. পরিবাহণ ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি
iv. যোজন ও পরিবহণ ব্যান্ডের মাঝে পার্থক্য 3/7/10/6 – 15eV

উদাহরণ : সিরামিক, কাঁচ,কাঠ ইত্যাদি ।

সুপরিবাহীঃ i. আপেক্ষিকরোধ $10^{-8}\,\Omega\text{m}$ ক্রমের
ii. যোজন ও পরিবাহণ ব্যান্ডের আংশিক উপরিপাতন ঘটে ও এ দুই ব্যান্ডে শক্তি পার্থক্য থাকে না । যেমন-তামা, রূপা, অ্যালুমিনিয়াম ।

অর্ধপরিবাহীঃ কেবল আঃরোধ দ্বারা অর্ধপরিবাহীকে চিহ্নিত করা যায় না ।

i. এর আঃ রোধ $10^{-4}\,\Omega\text{m}/\,10^{-5} \rightarrow 10^{8}\,\Omega\text{m}$ ক্রমের
ii. দুই ব্যান্ডের মাঝে শক্তি পার্থক্য 1.1eV/1eV
iii. জার্মেনিয়ামের শক্তি ব্যবধান 0.7eV
iv. পরমশূন্য তাপমাত্রায় এরা অন্তরক
v. এতে কোন অপদ্রব্য মিশালে এর তড়িৎ পরিবাহকত্ব বৃদ্ধি পায়
vi. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পাল্লা পর্যন্ত এর তড়িৎ রোধ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে হ্রাস পায় ।
vii. তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে এর তড়িৎ পরিবাহকত্ব বৃদ্ধি পায় ।
viii. দুই প্রান্তের মধ্যবর্তী বিভবপার্থক্য বৃদ্ধি করলে এর তড়িৎ পরিবাহকত্ব বৃদ্ধি পায় ।
ix. এর পরিবহণ ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তি পার্থক্য 1.1eV বা এর কম । উদাহরনঃ সিলিকন, জার্মেনিয়াম ।

যে সমস্ত পদার্থের ভিতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করতে পারে সেগুলোকে পরিবাহী বলে ।

যে সমস্ত পদার্থের ভিতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করে না সেগুলোকে অন্তরক বলে ।

যে সমস্ত পদার্থের তড়িৎ পরিবাহীতা পরিবাহী ও অন্তরকের মাঝামাঝি, সেগুলোকে অর্ধপরিবাহী পদার্থ বলে ।

যে ডিভাইস এসি প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তর করে তাকে রেকটিফায়ার বলে ।

IC হল একটি সিলিকনের তৈরি সলিড স্টেট, যার মধ্যে বহ সংখ্যক ডায়োড, ট্রানজিস্টর, রোধক, ধারক ইত্যাদি যুক্ত থাকে ।

ইলেকট্রন শব্দ থেকে ইলেকট্রনিক্সের উৎপত্তি ।

বাইরের কক্ষে 4টি যোজন ইলেকট্রন থাকে। আমরা জানি যে, যে কোনো পরমাণুর সর্বশেষ কক্ষে সর্বোচ্চ 8টি ইলেকট্রন থাকতে পারে। 8টি ইলেকট্রন থাকলে পরমাণুটি সুস্থির অবস্থায় থাকে এবং পরমাণুটি অপরিবাহী হয়ে যায়। প্রত্যেক পরমাণুই সুস্থির অবস্থায় থাকতে চায় অর্থাৎ এরা বাইরের কক্ষে সর্বোচ্চ 8টি 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 গ্রন্থি বা বন্ড (bond) তৈরি করে। এ ধরনের গ্রন্থিকে বলা হয় **সমযোজী গ্রন্থি** (covalent bond)। চিত্র ১০·১-এ জার্মেনিয়াম কেলাস যেভাবে সমযোজী গ্রন্থি তৈরি করে তা দেখানো হলো। সমযোজী গ্রন্থির মাধ্যমে প্রতিটি পরমাণু 8টি ইলেকট্রন প্রাপ্ত হয় এবং সুস্থির হয়।

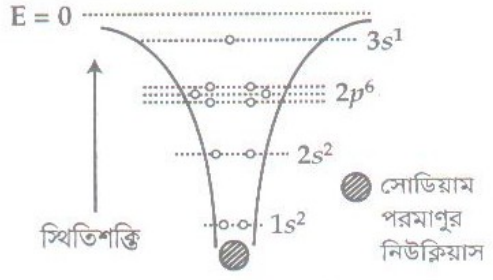
সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, জার্মেনিয়াম বা সিলিকন সমযোজী গ্রন্থির সাহায্যে **বিশুদ্ধ কেলাস** (intrinsic crystal) গঠন করে। বিশুদ্ধ জার্মেনিয়াম বা সিলিকন কেলাসে কোনো স্বাধীন বা মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। ফলে পরম তাপমাত্রায় এদের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা থাকে না। এই ধরনের বিশুদ্ধ কেলাসের তাপমাত্রা বাড়ালে তাপীয় উত্তেজনায়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

১০·২ ব্যান্ড তত্ত্বের ধারণা
Concept of Band theory

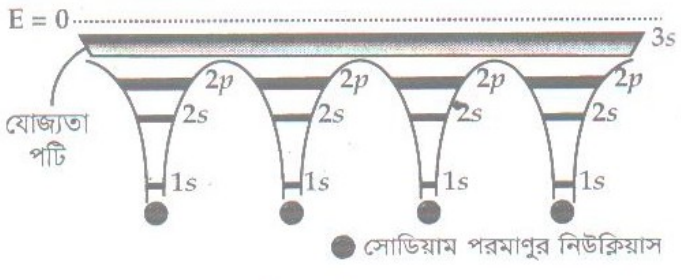
আমরা জানি, পরমাণুতে রয়েছে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন। পরমাণুর গঠন সম্পর্কীয় বোরের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণুর কেন্দ্রে রয়েছে প্রোটন এবং নিউট্রন। প্রোটনের চার্জ ধনাত্মক এবং নিউট্রনের কোনো চার্জ নেই। ঋণাত্মক চার্জযুক্ত ইলেকট্রনগুলো কেন্দ্র থেকে অনেক দূরে কেন্দ্রকে পরিবেষ্টন করে বিভিন্ন নির্দিষ্ট কক্ষপথে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

কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যান্ড
Energy bands in solids

কঠিন পদার্থের শক্তি ব্যান্ড আলোচনায় উদাহরণ হিসেবে আমরা সোডিয়াম (Na) মৌল ও পরমাণু বিবেচনা করতে পারি। আমরা জানি, সোডিয়াম পরমাণুতে 11টি ইলেকট্রন রয়েছে এবং এই ইলেকট্রনগুলোর বিন্যাস হলো $1s^2$ $2s^2\,2p^6\,3s^1$। নিউক্লিয়াস দ্বারা আকর্ষণের ফলে একটি বিভব কূপের সৃষ্টি হয়। ইলেকট্রনগুলো এই বিভব কূপের 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। সুতরাং সোডিয়াম পরমাণুর $1s$ স্তরে 2টি, $2s$ স্তরে 2টি ইলেকট্রন থাকে। $2p$ স্তরটি 3টি উপস্তরে বিভক্ত এবং এর প্রতিটি উপস্তরে 2টি করে ইলেকট্রন থাকে; অর্থাৎ $2p$ স্তরে মোট 6টি 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 কূপের আকার পরিবর্তিত হয় যা [চিত্র ১০.২(খ)]-এ পূর্ণ রেখা দ্বারা দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·২ (ক)



চিত্র ১০·২ (খ)

যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো ছাড়া অবশিষ্ট ইলেকট্রনগুলো (সোডিয়াম পরমাণুর ক্ষেত্রে 10টি) প্রতিটি পরমাণুর নিজস্ব বিভব কূপের মধ্যেই আবদ্ধ থাকে, ফলে এদের ওপর আশেপাশের পরমাণুগুলোর প্রভাব খুব সামান্যই হয়। কিন্তু যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো বিভব কূপের মধ্যে আর আবদ্ধ 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

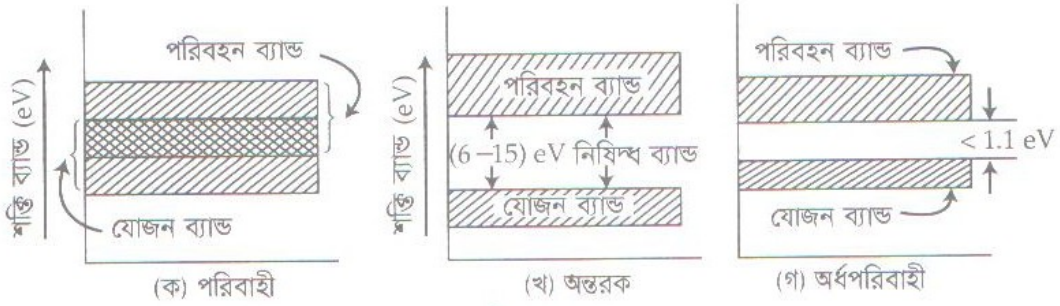
একটি শক্তিস্তরে 2টির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারে না, সুতরাং 3s শক্তিস্তরটি বহুসংখ্যক উপস্তরে বিভক্ত হয়ে যায় এবং প্রতিটি উপস্তরে সর্বাধিক 2টি বিপরীত স্পিনের ইলেকট্রন থাকে। এখন কেলাসের ভেতর খুব অল্প পরিসরে প্রায় 10^{20} সংখ্যক বা এর অধিক পরমাণু থাকে, ফলে ঐ ধরনের উপস্তরের সংখ্যা এত বেশি হয় যে স্তরগুলির 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)।

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 বাইরে থেকে শক্তি অর্জন করে যোজ্যতা ইলেকট্রন অন্যান্য পরমাণুর প্রভাব থেকে মুক্ত হয়ে বাইরে 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 নিষিদ্ধ অঞ্চল (forbidden region) বলে এবং এই দুটি শক্তি ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধানকে নিষিদ্ধ শক্তি ব্যবধান (Forbidden energy gap) বলা হয়।

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 উপরাংশ ও পরিবহন ব্যান্ডের নিম্নাংশের উপরিপাত (overlapping) হয় [চিত্র ১০.৩(ক)]। অর্থাৎ পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের মধ্যে কোনো শক্তি ব্যবধান থাকে না। ফলে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলো অনায়াসেই 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, রূপা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি পরিবাহী পদার্থ।

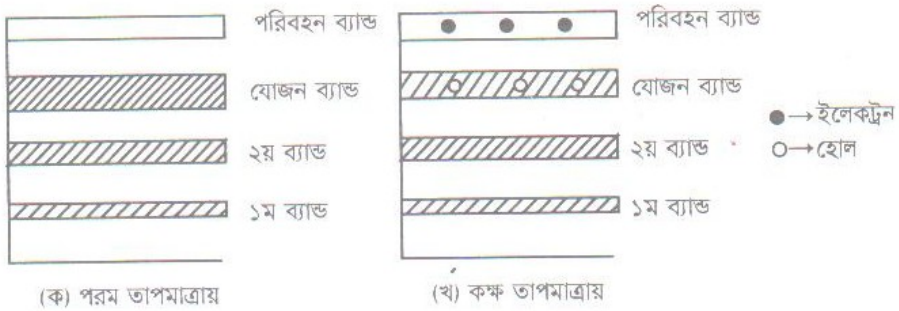
(খ) অন্তরক : অন্তরক পদার্থ বলতে সে সমস্ত পদার্থকে বোঝানো হয় যার ভেতর দিয়ে কোনো বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না। যে সমস্ত পদার্থের যোজন ব্যান্ড ইলেকট্রন দ্বারা আংশিক পূর্ণ থাকে এবং পরিবহন ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি থাকে; এছাড়া যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির ব্যবধান খুব বেশি হয়, সেগুলোকে অন্তরক বলে। অন্তরকে শক্তি ব্যবধান 6eV থেকে 15 eV-এর মতো হয় [চিত্র ১০.৩(খ)]। তাপমাত্রা অনেক বৃদ্ধি পেলে কিছু ইলেকট্রন যথেষ্ট শক্তি সঞ্চয় করে পরিবহন ব্যান্ডে যেতে পারে এবং তড়িৎ প্রবাহে অংশগ্রহণ করে। তবে এ ধরনের ইলেকট্রনের সংখ্যা খুবই নগণ্য। কাচ, প্লাস্টিক, কাঠ ইত্যাদি অন্তরক পদার্থ।



চিত্র ১০.৩

(গ) অর্ধপরিবাহী : অর্ধপরিবাহী বস্তুর বিদ্যুৎ পরিবাহিতা অন্তরক ও পরিবাহীর মাঝামাঝি। জার্মেনিয়াম, সিলিকন ইত্যাদি অর্ধপরিবাহী পদার্থ। শক্তি ব্যান্ডের আলোকে বলা যায় যে এ সমস্ত পদার্থের যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের 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 এ মান যথাক্রমে 0.7 eV এবং 1.1 eV। এ কারণে ঐ দুটি পদার্থ উত্তম অর্ধপরিবাহী। কক্ষ তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীর (i) আংশিক পূর্ণ পরিবহণ ব্যান্ড ও (ii) আংশিক পূর্ণ যোজন ব্যান্ড থাকে। পরম তাপমাত্রায় অর্ধপরিবাহীর পরিবহণ ব্যান্ড সম্পূর্ণ খালি এবং যোজন ব্যান্ড সম্পূর্ণ পূর্ণ থাকে। ফলে অল্প পরিমাণ শক্তি প্রয়োগ করলেই ইলেকট্রনগুলো যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে স্থানান্তরিত হয়। পরম তাপমাত্রায়

সিলিকন বা জার্মেনিয়াম আদর্শ অন্তরক। ফলে কোনো ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে এসে মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হতে পারে না। মুক্ত ইলেকট্রন না থাকার কারণে অর্ধপরিবাহক এই তাপমাত্রায় পুরোপুরি অপরিবাহী পদার্থের ন্যায় আচরণ করে। অর্ধপরিবাহীতে তাপমাত্রা প্রয়োগ করলে কিছু সংখ্যক সমযোজী অনুবন্ধক ভেঙ্গে গিয়ে কিছু সংখ্যক যোজন



চিত্র ১০·৪

ইলেকট্রন পরিবহন ব্যান্ডে যাওয়ার শক্তি অর্জন করে এবং মুক্ত ইলেকট্রনে পরিণত হয়। একটি যোজন ইলেকট্রন যখনই পরিবহন ব্যান্ডে প্রবেশ করে তখনই যোজন ব্যান্ডে ঐ 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 ব্যান্ড অবস্থা দেখানো হয়েছে।

১০·৪ ইনট্রিনসিক (স্বকীয় বা বিশুদ্ধ) ও এক্সট্রিনসিক (বহিঃজাত বা অবিশুদ্ধ) সেমিকন্ডাক্টর
Intrinsic and Extrinsic Semiconductors

অর্ধপরিবাহী পদার্থকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

(ক) ইনট্রিন্সিক (Intrinsic) সেমিকন্ডাক্টর বা স্বকীয় বা বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী (খ) এক্সট্রিন্সিক (Extrinsic) সেমিকন্ডাক্টর বা বহিঃজাত বা অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী।

(ক) ইনট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর : পূর্বেই বলা হয়েছে যে জার্মেনিয়াম বা সিলিকনের বাইরের কক্ষে 4টি যোজন ইলেকট্রন থাকা সত্ত্বেও প্রতিবেশী পরমাণুর সঙ্গে ইলেকট্রন ভাগাভাগি করে সমযোজী বন্ধনের সাহায্যে বিশুদ্ধ কেলাস (Intrinsic crystal) গঠন করে। এগুলোকে বলে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী। নিম্ন তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে কোনো মুক্ত ইলেকট্রন না থাকায় এরা অন্তরকের ন্যায় আচরণ করে। অর্থাৎ **যে সকল অর্ধপরিবাহীতে কোনো অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে না তাকে ইনট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর বলে।**

(খ) এক্সট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর : বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে কিছু কিছু সমযোজী বন্ধন থেকে ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। সাধারণ তাপমাত্রায়ও তাপীয় আলোড়নের ফলে এগুলো যথেষ্ট পরিমাণ শক্তি অর্জন করে যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে চলে যেতে পারে এবং মুক্ত ইলেকট্রনের ন্যায় আচরণ করে। তবে সাধারণ তাপমাত্রায় এ ধরনের ইলেকট্রন বাহকের সংখ্যা খুবই কম। কিন্তু বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে যদি খুবই সামান্য পরিমাণ বিশেষ ধরনের অপদ্রব্য মেশানো হয় তাহলে প্রচুর পরিমাণে তড়িৎ বাহক পাওয়া যায়। এ মিশ্রণকে ডোপিং বলা হয়। এ ধরনের কেলাসকে বলা হয় বহিঃজাত বা অবিশুদ্ধ কেলাস। জার্মেনিয়াম, সিলিকন কেলাসে, এন্টিমনি, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক ইত্যাদি অপদ্রব্য মিশিয়ে 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 অপদ্রব্য মিশ্রিত করে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা বহুল পরিমাণে বৃদ্ধি করা হয়, তাকে ডোপিং বলে। মিশ্রিত অপদ্রব্যকে বলা হয় ডোপ্যান্ট** (Dopant)। তিনযোজী মৌল যেমন অ্যালুমিনিয়াম (Al), বোরন (B), ইন্ডিয়াম (In) অথবা পঞ্চযোজী মৌল যেমন ফসফরাস (P), আর্সেনিক (As), বিসমাথ (Bi)-কে বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সাথে ডোপিং করে এক্সট্রিন্সিক সেমিকন্ডাক্টর তৈরি করা হয়।

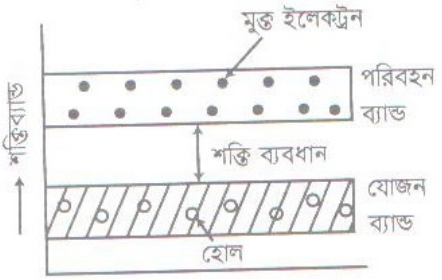
কাজ: একটি অবিশুদ্ধ (extrinsic) অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা কিসের উপর নির্ভর করে ?

একটি অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে অসম সংখ্যক ইলেকট্রন ও হোলের উপর তড়িৎ পরিবাহিতা নির্ভর করে।

১০·৫ ইলেকট্রন ও হোলের ধারণা
Concept about Electron and Hole

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

আমাদের সবচেয়ে পরিচিত বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী হলো জার্মেনিয়াম (Ge) ও সিলিকন (Si)। এদের যোজন ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যবর্তী শক্তি ব্যবধান 0·72eV এবং 1·1eV। কক্ষ তাপমাত্রায় কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন এই ক্ষুদ্র শক্তি ব্যবধান অতিক্রম করে যোজন ব্যান্ড থেকে পরিবহন ব্যান্ডে গমন করে। ফলে যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডে সমসংখ্যক হোল ও ইলেকট্রনের উদ্ভব ঘটে [চিত্র ১০·৫]। এই ঘটনাকে হোল-ইলেকট্রন জোড় সৃষ্টি বলে।



চিত্র ১০·৫

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

১০·৬ এন-টাইপ ও পি-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর বা অর্ধপরিবাহী
n-type and *p*-type semiconductors

অবিশুদ্ধ কেলাস বা অর্ধপরিবাহী পদার্থ আবার দু'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।

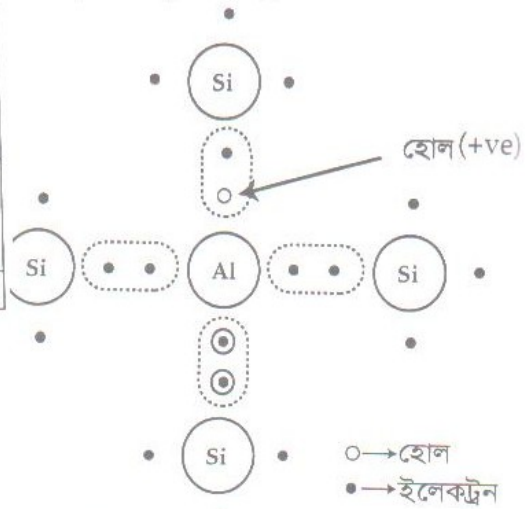
(i) এন-টাইপ অর্ধপরিবাহী : জার্মেনিয়াম বা সিলিকন অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে পঞ্চযোজী মৌল মিশিয়ে *n*-টাইপ অর্ধপরিবাহী তৈরি করা হয়। পঞ্চযোজী এন্টিমনি বা আর্সেনিক বিশেষ প্রক্রিয়ায় উচ্চতাপে মেশানো হয়। মেশানোর সময় অপদ্রব্যের পরিমাণ এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করা হয় যেন এর পরমাণুগুলো জার্মেনিয়াম বা সিলিকন কেলাসের 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 সমযোজী বন্ধন তৈরি করে। প্রতিটি আর্সেনিক বা এন্টিমনি পরমাণুর একটি ইলেকট্রন উদ্বৃত্ত থাকে এবং ঐ 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 ঋণাত্মক 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 সমযোজী বন্ধন তৈরি করে। সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, জার্মেনিয়াম বা সিলিকন পরমাণুর চতুর্থ ইলেকট্রন কোনো সমযোজী বন্ধন তৈরি করে না। কারণ অ্যালুমিনিয়ামের একটি ইলেকট্রনের ঘাটতি রয়েছে। ইলেকট্রনের এ ঘাটতির জন্য অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুতে একটি হোলের সৃষ্টি হবে

.e: * **P টাইপ ও n টাইপ অর্ধপরিবাহক সম্পর্কিত তথ্যাবলি:**

P টাইপ অর্ধপরিবাহক	n টাইপ অর্ধপরিবাহক
১. কোন বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহক সামান্য পরিমাণ ত্রিযোজি অর্থাৎ পর্যায় সারণীর তৃতীয় সারির মৌল অপদ্রব্য হিসেবে মিশানো হলে তাকে P টাইপ অর্ধপরিবাহক বলে	১. কোন বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহকে সামান্য পরিমাণ পঞ্চযোজী অর্থাৎ পর্যায় সারণীর পঞ্চম সারির মৌল অপদ্রব্য হিসেবে মেশানো হলে তাকে n টাইপ অর্ধপরিবাহক বলে
২. P টাইপ অর্ধপরিবাহকের ক্ষেত্রে পরিবহন ঘটে প্রধানত ধনাত্মক আধান বা হোলের মাধ্যমে। P টাইপ অর্ধপরিবাহক ধনাত্মক আধান বা হোল সমৃদ্ধ বস্তু	২. n টাইপ অর্ধপরিবাহকের ক্ষেত্রে পরিবহন ঘটে প্রধানত ইলেকট্রনের মাধ্যমে। n টাইপ অর্ধপরিবাহক ইলেকট্রন সমৃদ্ধ বস্তু
৩. P টাইপ অর্ধপরিবাহকের ক্ষেত্রে, হোল গরিষ্ঠ বাহক এবং ইলেকট্রন লঘিষ্ঠ বাহক	৩. টাইপ অর্ধপরিবাহকের ক্ষেত্রে, ইলেকট্রন গরিষ্ঠ বাহক এবং হোল লঘিষ্ঠ বাহক
৪. উদাহরণ ঃ B, Al, Ga, I	উদাহরণ ঃ P, As, Sb, Bi

প্রত্যেক অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুতে একটি করে হোলের
ব থাকবে। এজন্য অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুকে 'গ্রহীত'
তাপীয় উত্তেজনায় সৃষ্ট ইলেকট্রনের তুলনায় অনেক
ানই মুখ্য ভূমিকা পালন করে। অর্থাৎ হোলই এক্ষেত্রে
াহক' (minority carrier)।



চিত্র ১০'৬ : n-টাইপ অর্ধপরিবাহী।

চিত্র ১০'৭ : p-টাইপ অর্ধপরিবাহী।

উপরের 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 উপর। **বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর যোজন ইলেকট্রনের চেয়ে অপদ্রব্যের যোজন ইলেকট্রন সংখ্যা বেশি হলে n-টাইপ কেলাস এবং কম হলে p-টাইপ কেলাস তৈরি হবে।** তবে n-টাইপ বা p-টাইপ কেলাসের কোনোটাই কিন্তু তড়িতাহিত হয় না। কারণ n-টাইপ কেলাসের অতিরিক্ত ইলেকট্রনের ঋণাত্মক আধান আর্সেনিক পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান দ্বারা প্রশমিত হয়। আবার p-টাইপের সৃষ্ট হোলের ধনাত্মক আধান জার্মেনিয়াম, সিলিকন পরমাণুর ঋণাত্মক আধানের দ্বারা নিষ্ক্রিয় হয়। অর্থাৎ, n- এবং p-টাইপ পদার্থ বস্তুতপক্ষে তড়িৎ নিরপেক্ষ।

১০'৭ জাংশন ডায়োড : গঠন ও কার্যক্রম
Junction Diode : Construction and Working principle

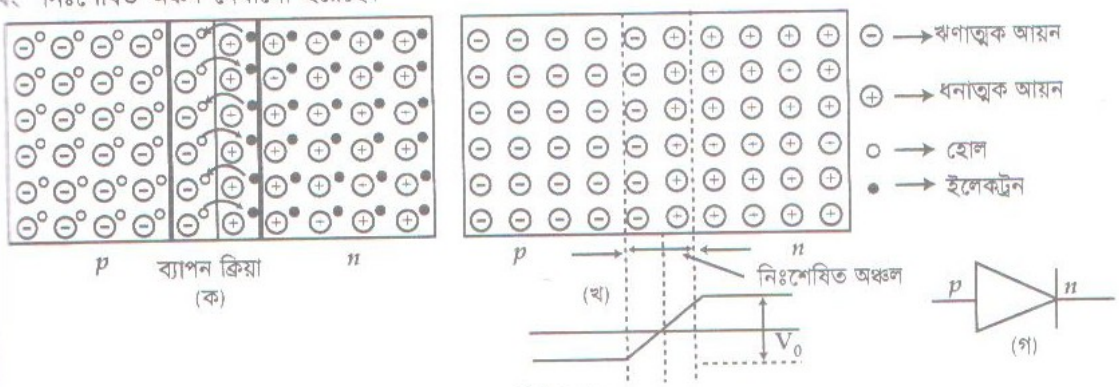
গঠন
Construction

একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধপরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীনে সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠকে p-n জাংশন বলে। একটি বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী কেলাসের এক অর্ধাংশ p-টাইপ অর্ধপরিবাহী এবং অপর অর্ধাংশকে n-টাইপ অর্ধপরিবাহী উচ্চতাপে সুনিয়ন্ত্রিত পদ্ধতিতে মিশিয়ে p-n জাংশন তৈরি করা হয়।

p-n জাংশনের যে পাশে p-টাইপ অঞ্চল সেখানে সংখ্যাগুরু বাহক হোল এবং যে পাশে n-টাইপ অঞ্চল সেখানে ইলেকট্রনের আধিক্য অনেক বেশি। যখন n-টাইপ অঞ্চল এবং p-টাইপ অঞ্চল যুক্ত হয় তখন n-এর ইলেকট্রনগুলো p-এর হোল দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপন ক্রিয়ার মাধ্যমে জাংশনের দিকে ছুটে যায়। একইভাবে p-অঞ্চলের হোলগুলো n-এর ইলেকট্রন দ্বারা আকৃষ্ট হয়ে ব্যাপনের মাধ্যমে সংযোগস্থলের দিকে ছুটে যায় [চিত্র ১০'৮(ক)]। p-n জাংশনস্থলে ইলেকট্রন ও হোল পরমাণু মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়ে যায়। n-টাইপের যে পরমাণু থেকে ইলেকট্রন জাংশনের দিকে ছুটে যায় সেটি ধনাত্মক আয়নে এবং p-অঞ্চলের যে পরমাণু থেকে হোল ছুটে আসে সেটি ঋণাত্মক আয়নে রূপান্তরিত হয় [চিত্র ১০'৮ (খ)]। p–n জাংশন ডায়োডের সাংকেতিক চিত্র ১০'৮(গ)-এ দেখানো হলো।

এখন p-অঞ্চল থেকে ছুটে আসা হোল ধনাত্মক আয়ন এবং n-অঞ্চল থেকে আসা ইলেকট্রন ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা বিকর্ষিত হয়। এভাবে সংযোগস্থলে একটি পাতলা পর্দার মতো নিঃশেষিত অঞ্চল বা স্তর সৃষ্টি হয়। এ অঞ্চল বা স্তরের বেধ সাধারণত 10^{-6} m থেকে 10^{-8} m হয়। **সংযোগের দুই পাশে যে সরু স্তর ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধানকে পৃথক করে রাখে, যেখানে গতিশীল আধান নিঃশেষ হয়ে যায় এবং কোনো গতিশীল আধান বাহকের অস্তিত্ব থাকে না,**

স্তর বা অঞ্চলকে বলা হয় নিঃশেষিত স্তর বা অঞ্চল (Depletion layer or region)। চিত্র ১০·৮-এ ব্যাপন ক্রিয়া বং নিঃশেষিত অঞ্চল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·৮

এই নিঃশেষিত অঞ্চলকে জাংশন প্রাচীর (Junction barrier) বলা হয়। এই জাংশনে সামান্য পরিমাণ স্থানান্তরীণ বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। ফলে এই অঞ্চলকে অনেক সময় বিভব পার্থক্য অঞ্চল বা বিভব পার্থক্য প্রাচীর বলে। এর মান সাধারণত 0·1 থেকে 0·3 V। চিত্র ১০·৮(খ) থেকে এটা পরিষ্কার যে বিভব পার্থক্য প্রাচীর V_0 বিদ্যুৎ ক্ষেত্র সৃষ্টি করে যা সংখ্যাগুরু বাহককে নিজ নিজ অঞ্চল থেকে প্রাচীর অতিক্রমে বাধা প্রদান করে। p-n অর্ধপরিবাহী জাংশন এভাবে সংযুক্ত হয়ে 'জাংশন ডায়োড' (সংক্ষেপে 'ডায়োড') তৈরি করে। তড়িৎ প্রবাহ একমুখীকরণ এবং অন্যান্য অনেক ইলেকট্রনিক ডিভাইস তৈরিতে ডায়োড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

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

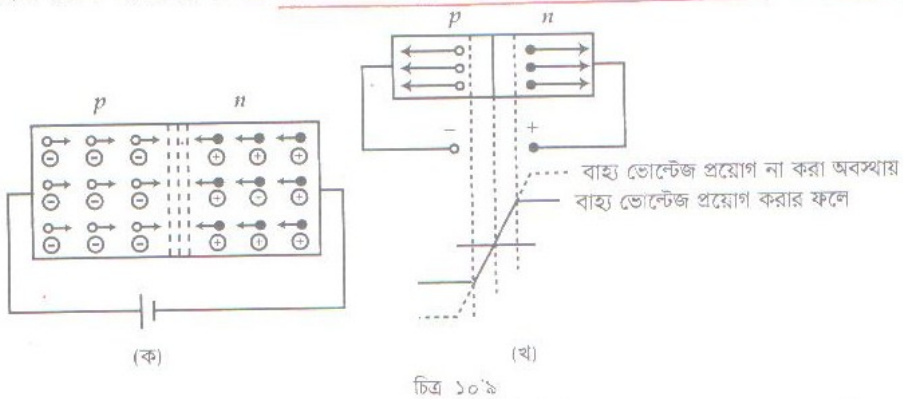
মনে রাখ : ডায়োড কি কেবল রেকটিফায়ার বর্তনীতে বা AC কে DC করার কাজে ব্যবহৃত হয় না অন্য কোথাও ব্যবহার করা হয় ?

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

কার্যক্রম
Working principle

বাইরে থেকে p-n-জাংশন বরাবর দুভাবে বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করা যেতে পারে। যথা—সম্মুখবর্তী ঝোঁক বা ফরোয়ার্ড বায়াস ও বিপরীত ঝোঁক বা রিভার্স বায়াস প্রয়োগ।

(ক) সম্মুখবর্তী ঝোঁক বা ফরোয়ার্ড বায়াস প্রয়োগ : যখন জাংশনে এমনভাবে বহিঃস্থ ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় যাতে এটি বিভব প্রাচীর হ্রাস করে তড়িৎ প্রবাহ চালু করে তখন একে সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগ (forward biasing) বলা হয়। সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগের ক্ষেত্রে ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপের প্রান্তের সঙ্গে এবং ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ



চিত্র ১০·৯

প্রান্তের সঙ্গে সংযোগ দেয়া হয়। চিত্র ১০·৯(ক) ও (খ)-এ সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগ এবং এর ফলে বিভব প্রাচীরের হ্রাস দেখানো হয়েছে। প্রযুক্ত সম্মুখবর্তী বিভব বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র সৃষ্টি করে যা বিভব প্রাচীরের বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের বিপরীতে

কাজ করে। সুতরাং লব্ধি ক্ষেত্র কমে যায় এবং প্রাচীরের উচ্চতা বা বিস্তার হ্রাস পায়। যেহেতু বিভব প্রাচীর ভোল্টে মান খুবই কম (0·1 থেকে 0·3 V), সুতরাং সামান্য সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ প্রয়োগ করলে বিভব প্রাচীরের প্রশস্থত পায়। ফলে জাংশনে বাধা দূরীভূত হয় এবং তড়িৎ প্রবাহ শুরু হয়। সম্মুখ ঝোঁকে ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ সাথে যুক্ত হওয়ায় ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্ত ইলেকট্রনগুলোকে বামে অর্থাৎ p-টাইপ বস্তুর দিকে এবং ঋণাত্মক প্র টাইপের সাথে সংযুক্ত হওয়ায় ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্ত হোলগুলোকে ডানে অর্থাৎ n-টাইপ বস্তুর দিকে ইলেকট্রন ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্ত দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে p-টাইপের দিকে ধাবিত হয়। একইভাবে ধনাত্মক (hole) ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্ত দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে জাংশন অতিক্রম করে n-টাইপ বস্তুর দিকে ধাবিত হয়। ইলেকট্রন হোল পূর্ণ হয়। ইতোমধ্যে ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্ত n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীতে ইলেকট্রনের নতুন স প্রদান করতে থাকে এবং ব্যাটারীর ধনাত্মক প্রান্ত p-টাইপ অর্ধপরিবাহী হতে ইলেকট্রন টেনে নিয়ে নতুন হোল করে। ফলে অবিরাম চার্জ তথা বিদ্যুৎ প্রবাহ চলতে থাকে। এই প্রবাহের মান mA মানের হয়। এই তড়িৎ প্র '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 হয়— ইলেকট্রন হোলের দিকে ব্যাপিত হয়। সুতরাং হোল ও ইলেকট্রনগুলি নিঃশেষিত অঞ্চলের কাছাকাছি মিলিত হয়। ফলে নিঃশেষিত অঞ্চল ক্ষীণ হতে থাকে ও নী -ভোল্টেজের (Knee voltage) বেশি ভোল্টেজের প্রায় নিঃশেষিত হয়ে যায়।

সম্মুখবর্তী বায়াসের বৈশিষ্ট্য

১। জাংশন ডায়োডের অভ্যন্তরে উভয় প্রকার সংখ্যাগুরু বাহকের দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়; কিন্তু বহিঃবর্তনী কেবলমাত্র ইলেকট্রন দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

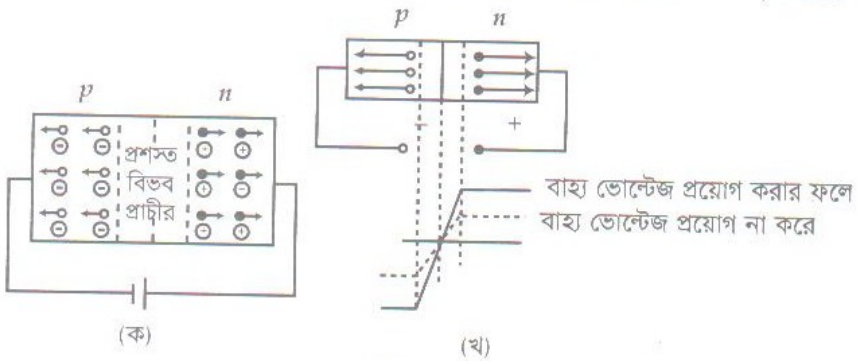
২। সম্মুখবর্তী বায়াস প্রয়োগে সাধারণত কয়েক মিলি-অ্যাম্পিয়ারের তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়।

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 ক্রমশ হ্রাস পায়।

(খ) বিপরীত ঝোঁক বা রিভার্স বায়াস প্রয়োগ : এক্ষেত্রে বাহ্য ভোল্টেজ এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যাতে বিভ প্রাচীরের উচ্চতা বা প্রশস্থতা বৃদ্ধি পায়। এ ধরনের ঝোঁক প্রয়োগকে বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগ (reverse biasing) বল



চিত্র ১০·১০

বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগের জন্য ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত p-টাইপ প্রান্তের সঙ্গে এবং ধনাত্মক প্রান্ত n-টাইপ প্রান্তের সঙ্গে সংযোগ দেয়া হয়। প্রযুক্ত বিপরীত ভোল্টেজের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বিভব প্রাচীরের বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের দিকে কাজ করে। ফলে জাংশনে লব্ধি ক্ষেত্র বৃদ্ধি পায় এবং বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বেড়ে যায়। চিত্র ১০·১০-এ বিপরীত ঝোঁক 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 ঝোঁকে ব্যাটারী n-টাইপের ইলেক্ট্রনকে এবং p-টাইপের হোলকে আকর্ষণের জন্য জাংশন থেকে দূরে সরিয়ে নেয়। ফলে জাংশনের প্রশস্থতা বৃদ্ধি পায় এবং জাংশন বরাবর বিভব বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই বৃদ্ধি অব্যাহত থাকে যতক্ষণ পর্যন্ত না জাংশনের এবং ব্যাটারীর বিভব সমান হয়। বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগ করলে জাংশনের ভেতর দিয়ে খুব সামান্য পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এ প্রবাহের কারণ হলো যে n-টাইপ ও p-টাইপে যথাক্রমে কিছু পরিমাণ হোল ও ইলেকট্রন থাকে। ঐ সমস্ত ইলেকট্রন 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।

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। ইলেকট্রন ও হোলের চলাচলের মুখ্য প্রক্রিয়া প্রবাহ স্রোতও পরস্পর প্রায় বিলীন হয়।

বিপরীত বায়াসের বৈশিষ্ট্য

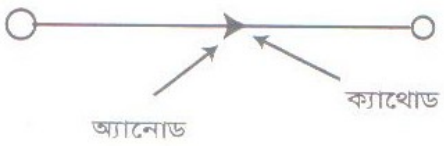
১। জাংশন ডায়োডের অভ্যন্তরে উভয় ধরনের সংখ্যাগুরু বাহকের দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ উৎপন্ন হয়; কিন্তু বহিঃবর্তনীতে কেবলমাত্র ইলেকট্রনের দ্বারা প্রবাহ উৎপন্ন হয়।

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।

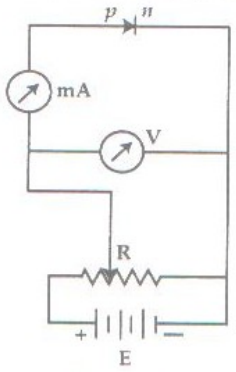
৪। বিপরীত বায়াসে ডায়োডের নিঃশেষিত অঞ্চলের বেধ ক্রমশ বৃদ্ধি পায়।

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 ঝোঁক প্রয়োগে তড়িৎ প্রবাহের দিক নির্দেশ করে।



চিত্র ১০·১১

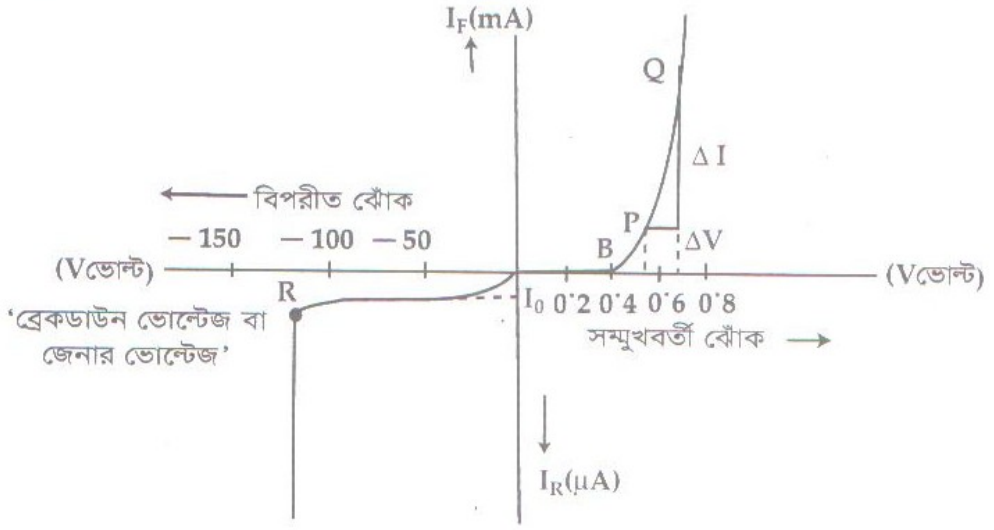
১০·৮ জাংশন ডায়োডের V—I বৈশিষ্ট্য লেখ
V—I characteristic curve of junction diode



চিত্র ১০·১২

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

চিত্র ১০·১২-এ একটি p-n জাংশন ডায়োড সম্মুখ ঝোঁকে 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 উল্টো করে দিলে ডায়োডে বিপরীত ঝোঁক প্রযুক্ত হবে। সম্মুখ ঝোঁকের ন্যায় এক্ষেত্রেও ভোল্টেজ



চিত্র ১০·১৩

পরিবর্তন করলে কারেন্টেরও পরিবর্তন হবে। সম্মুখবর্তী ঝোঁক এবং বিপরীত ঝোঁকের জন্য ভোল্টেজ-কারেন্ট লেখচিত্র একত্রে চিত্র ১০·১৩-এর লেখচিত্র পাওয়া যাবে।

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

সম্মুখ ঝোঁকের ক্ষেত্রে :

(i) সম্মুখবর্তী ভোল্টেজ V_F বৃদ্ধির সঙ্গে 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। অর্থাৎ বিভব প্রাচীর অতিক্রম করার জন্য চার্জ বাহকের ন্যূনতম যে ভোল্টেজের প্রয়োজন হয়। একে অপারেটিং ভোল্টেজ বলে। চিত্রে B অপারেটিং ভোল্টেজ। এর পর ভোল্টেজ আরও বৃদ্ধি করলে কারেন্ট সূচকীয়ভাবে বাড়ে এবং পরবর্তীতে কিছু সময়ের জন্য ভোল্টেজ কারেন্ট বৃদ্ধি সমানুপাতে হয়।

(ii) $V_F > V_0$ হলে I_F দ্রুত বৃদ্ধি পায়। তাই I_F খাড়াভাবে উপরে ওঠে। 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 সমানুপাতিক হয় না।

বিপরীত ঝোঁকের ক্ষেত্রে :

(i) বিপরীত ঝোঁক V_R বৃদ্ধির সঙ্গে বিপরীত কারেন্ট I_R বৃদ্ধি পেয়ে I_0-তে পৌঁছায়। এরপর বিপরীত ভোল্টেজ বাড়ালেও কারেন্ট I_0 স্থির থাকে। I_0 কারেন্টকে 'বিপরীত সম্পৃক্ত 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। শুধুমাত্র তাপমাত্রা পরিবর্তন হলে সংখ্যালঘু বাহকের সংখ্যার পরিবর্তন হয়।

(ii) বিপরীত বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে একটি ক্রান্তি (critical) মানে পৌঁছালে দেখা যায় যে বিপরীত কারেন্ট হঠাৎ করে অনেকগুণ বেড়ে যায়। এই সময় *p-n* জাংশনের রোধ সম্পূর্ণরূপে ভেঙ্গে যায়। তাই এই বিশেষ ভোল্টেজকে বলা হয় 'ব্রেকডাউন ভোল্টেজ' (breakdown voltage) বা জেনার ভোল্টেজ (Zener voltage)। চিত্রে R বিন্দু ইহা নির্দেশ করে। ব্রেকডাউন ভোল্টেজে পৌঁছে গেলে সাধারণত জাংশন ডায়োডের কার্যক্ষমতা বিনষ্ট হয়ে যেতে পারে। এই অবস্থায় ডায়োড পরিবাহীর ন্যায় আচরণ করে। এই ক্রিয়াকে জেনার ক্রিয়া বলে।

সম্প্রসারিত কর্মকাণ্ড : *p–n* 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 ডায়াডে কি ঘটে—ব্যাখ্যা কর।

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

গতীয় রোধ (Dynamic resistance) : চিত্র ১০.১৩-এ লক্ষণীয় যে *p–n* জাংশনে সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগে সামান্য বিভব পার্থক্য বৃদ্ধি করলে জাংশনে বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রা অনেক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগে বিভব পার্থক্য অনেক বৃদ্ধির জন্যও বিদ্যুৎ প্রবাহমাত্রার বৃদ্ধি খুবই সামান্য। সুতরাং বোঝা যাচ্ছে, সম্মুখবর্তী ঝোঁক 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

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

গাণিতিক উদাহরণ

১। কোনো *p–n* জাংশনে 0·2 V বিভব পার্থক্য পরিবর্তনের জন্য 5 mA বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের রোধ বের কর।

আমরা জানি,

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

$$\text{বা, } R = \frac{0{\cdot}2}{5\times10^{-3}} = \frac{0{\cdot}2\times10^{3}}{5} = \frac{200}{5} = 40\Omega$$

এখানে,

$\Delta V = 0{\cdot}2$ V

$\Delta I = 5$ mA $= 5\times10^{-3}$ A

$R = ?$

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 খুশিমতো আঁকাবাঁকা পথে চলার সুযোগ পায়। ইলেকট্রনের গতির এ পথ সীমাবদ্ধ নয়। তাই ইলেকট্রনের শক্তি হোলের চেয়ে বেশি থাকে।

১০·৯ একমুখীকরণ
Rectification

ধারণা
Concept

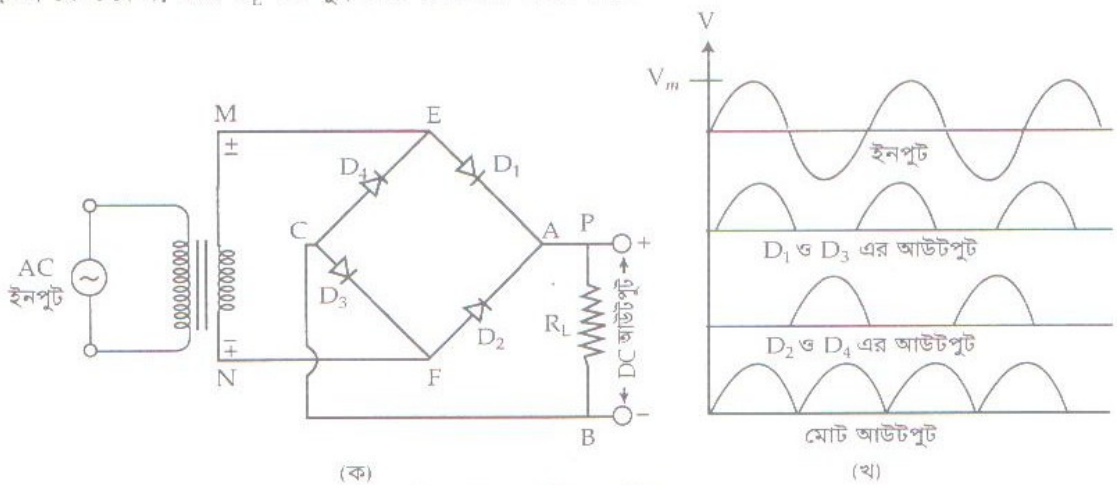
যে পদ্ধতিতে পরিবর্তী প্রবাহকে (A. C.) একমুখী প্রবাহে (D. C.) পরিবর্তন করা হয় তাকে **একমুখীকরণ বা রেকটিফিকেশন (rectification)** বলে এবং যে বর্তনী এই কাজে ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় **একমুখীকারক বা রেকটিফায়ার (rectifier)**। জাংশন ডায়োডের বৈশিষ্ট্য আলোচনায় আমরা জেনেছি যে ডায়োড একটা বিশেষ দিকে তড়িৎ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

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। শেষোক্ত 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 ব্রিজ তৈরি করা হয়। চিত্রে ১০·১৪ এ MN প্রান্তের সঙ্গে এসি ইনপুট সংযোগ দেয়া হয়েছে এবং P ও B জাংশনের সঙ্গে একটি রোধ R 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 ঝোঁক (Forward bias) প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে ডায়োড D_2 ও D_4 বিপরীত ঝোঁক (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।



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 D_2 ও D_4 সম্মুখ ঝোঁক প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় বর্তনীতে বিদ্যুৎ NFABCEM পথে প্রবাহিত হয় [চিত্র ১০·১৪(ক)]। সুতরাং 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 রেকটি-ফায়ারের 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 ভেতর দিয়ে প্রবাহের ওঠানামা বেশি হয়।

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

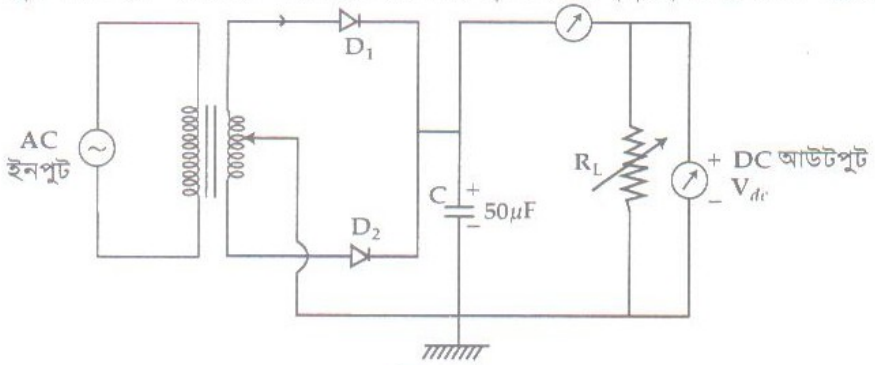
ট্রান্সফরমার দ্বারা ভোল্টেজ কমানোর জন্য গৌণ কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা কম রাখা হয়। ভোল্টেজ কম না হলে ডায়োড পুড়ে যাবে। সাধারণত ডায়োডে ভোল্টেজের মান 15V এর নিচে রাখা হয়।

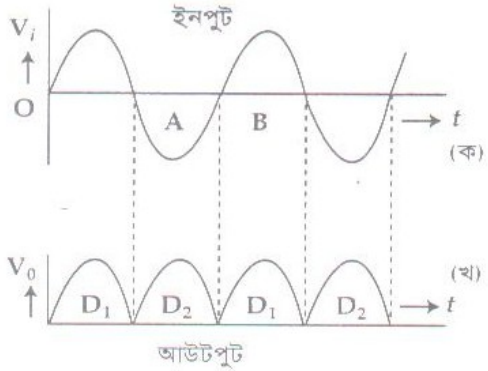
১০.১০ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম : পিরিয়ড : 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 (রেজিস্ট্যান্স) R_L। সম্মুখ বায়াসের ক্ষেত্রে ডায়োডের মধ্য দিয়ে তরঙ্গ প্রবাহ চলে। কিন্তু বিপরীতমুখী বায়াসের সময় এর মধ্য দিয়ে খুব কম প্রায় (1μA) প্রবাহ চলে। AC প্রবাহকে শোধন

চিত্র ১০.১৫





চিত্র ১০.১৬

করে DC প্রবাহ পাওয়ার জন্য রেকটিফায়ার ব্যবহার করা হয়। তরঙ্গের ধনাত্মক চক্রের সময় বর্তনীতে প্রবাহ ঘটে। তরঙ্গের ঋণাত্মক 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 গ্রহণ করে চার্জিত হয় এবং

তরঙ্গের ঋণাত্মক চক্রের সময় ধারকটি সঞ্চিত চার্জ হারায়। ফলে দুটি DC তরঙ্গের মাঝখানে ফাঁক অনেকটা মসৃণ হয়। ধারক (C) এর মধ্য দিয়ে তরঙ্গের AC অংশ সহজে বিভিন্ন পথে চলে বলে একে ফিল্টার বা ছাঁকুনি বলে। ডিসি ভোল্টমিটার এর সাহায্যে R_L এর দুই প্রান্তে DC ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয় এবং বর্তনীতে উল্লেখিত 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 সেন্টার ট্যাপ্‌ট ট্রান্সফরমার
২। দুটি ডায়োড
৩। সংযোগকারী তার
৪। লোড রোধ R_L (10—1000 Ω)
৫। ডিসি ভোল্টমিটার
৬। AC মিলি অ্যামিটার
৭। ক্যাপাসিটর (50μF)
৮। প্রজেক্ট বোর্ড
৯। সংযোগকারী তার, ইত্যাদি।

কার্যপদ্ধতি :

(১) ট্রান্সফরমারের বহিঃমুখের উপরের ও নিচের প্রান্তের সাথে দুটি ডায়োডকে চিত্র অনুযায়ী সংযুক্ত করতে হবে।
(২) ডায়োডের নেগেটিভ প্রান্তদ্বয় একত্রে তার দ্বারা যুক্ত করতে হবে।
(৩) একটি ধারক (C), লোড রোধ (R_L), একটি ডিসি ভোল্টমিটার (V_{dc}) কে সমান্তরালে যুক্ত করে উপরের 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 উপাত্তসমূহ :

(ক) ধারকের ধারকত্ব, C = ... μF
(খ) ডায়োডের রোধ, R = ... Ω
(গ) লোড রোড, R_l = ... Ω
(ঘ) $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$, I_m = প্রবাহের সর্বোচ্চ মান।

ছক-১

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	লোড রোধ R_L Ω	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 ধনাত্মক (+ve) প্রান্ত এক সাথে যুক্ত করতে হবে।
২। ডায়োড D_1 ও D_2 একই মানের নিতে হবে।
৩। স্টেপডাউন 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)
পিরিয়ড : ২	**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। 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 ঝোঁক প্রাপ্ত হয়ে ক্রিয়াশীল হয়, তখন অপর জোড়া ডায়োড বিপরীত ঝোঁকে 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,

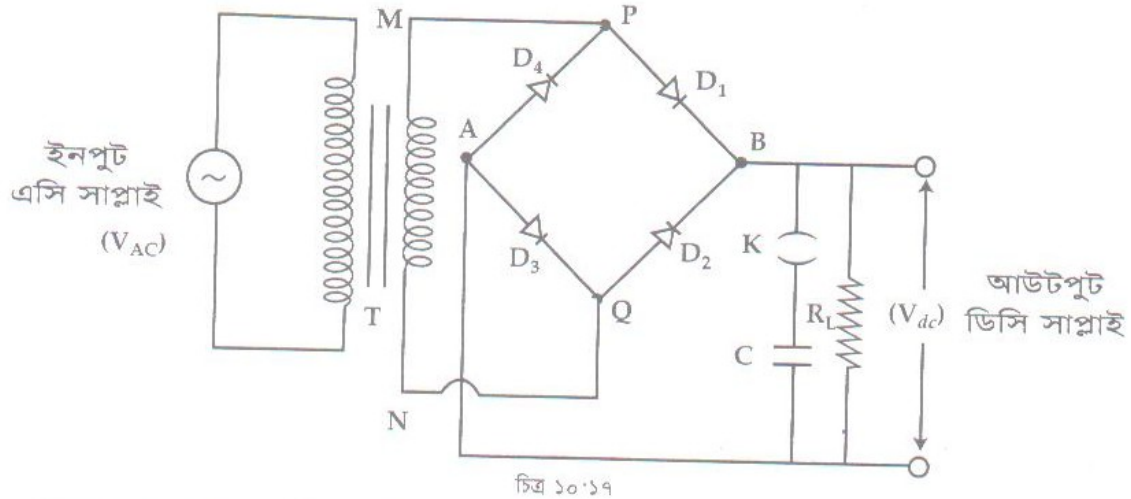
৩। ক্যাপাসিটর (330 μF বা 50 μF)

৪। রোধক,

৫। মাল্টিমিটার,

৬। অসিলোসকোপ ইত্যাদি।

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



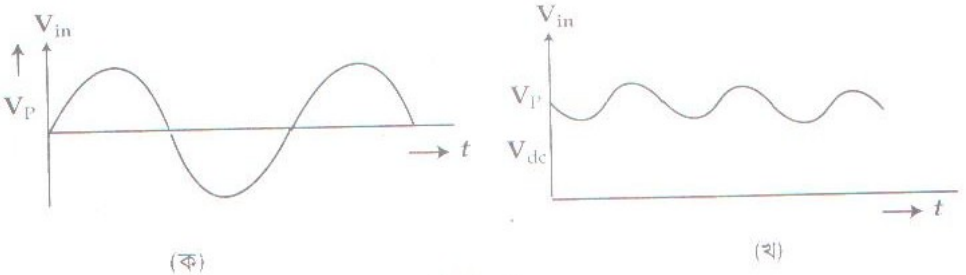
চিত্র ১০·১৭

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।

কার্যপ্রণালী (Working procedure) :

(১) উপরের চিত্রের ন্যায় বর্তনী সংযোগ দেয়া হয়। সেকেন্ডারি ভোল্টেজের ধনাত্মক অর্ধচক্রকালে ট্রান্সফরমার M প্রান্ত ধনাত্মক চার্জযুক্ত এবং N প্রান্ত ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। এ অবস্থায় ডায়োড D_1 ও D_3 সম্মুখ ঝোঁক প্রাপ্ত হয় এবং ডায়োড D_2 ও D_4 বিপরীত ঝোঁক 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 ভিতর 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।



(ক) (খ)

চিত্র ১০·১৮

(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 ফিলটার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী ?

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

১০·১১ জাংশন ট্রানজিস্টর (পিএনপি ও এনপিএন)
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, বিভব পার্থক্য এবং ক্ষমতা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। দুটি অর্ধপরিবাহী ডায়োডকে পাশাপাশি যুক্ত করে একটি অর্ধপরিবাহী ট্রায়োড বা ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। জে. বার্ডিন ও ডব্লিও. এইচ. ব্রাটেইন 1948 সালে আমেরিকায় প্রথম ট্রানজিস্টর আবিষ্কার করেন। আবিষ্কারের পর থেকেই ইলেকট্রনিক জগতে এক বিপ্লব সৃষ্টি করেছে এই ট্রানজিস্টর। ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতির অবিচ্ছেদ্য অঙ্গ হচ্ছে ট্রানজিস্টর।

গঠন
Construction

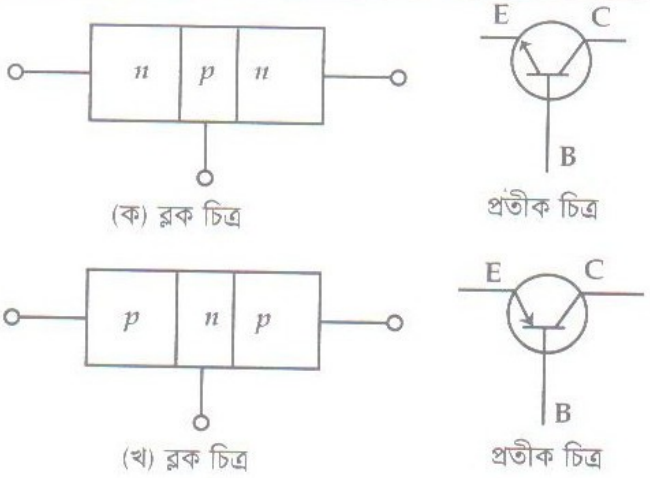
একখন্ড বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী থেকে উচ্চতাপে বিশেষ নিয়ন্ত্রিত পদ্ধতিতে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। সাধারণত পয়েন্ট কন্টাক্ট (Point contact) ট্রানজিস্টর ও জাংশন (Junction) ট্রানজিস্টর এই দুই ধরনের ট্রানজিস্টর তৈরি হয়।

তবে বর্তমানে ব্যবহৃত 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 পীঠ (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। এই জোড়া লাগানো আঠা বা সোল্ডার করে করা হয় না। একটি অর্ধপরিবাহী কেলাসের মধ্যে সুনিয়ন্ত্রিতভাবে পর্যায়ক্রমে *n* বা *p* টাইপ অপদ্রব্য মিশ্রণ, তার উপরে যথাক্রমে *p* বা *n* টাইপ অপদ্রব্য এবং সর্বশেষে যথাক্রমে *n* বা *p* টাইপ অপদ্রব্য মিশিয়ে *n-p-n* বা *p-n-p* ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়। ট্রানজিস্টরের মাঝের বেস অংশ খুবই পাতলা এবং সামান্য পরিমাণে অপদ্রব্য 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 ডোপ্ড (doped) বা ডোপায়িত করা হয়। কালেক্টর সবচেয়ে বেশি পুরু করা হয় যাতে উৎপন্ন তাপ তাড়াতাড়ি বিকিরিত হয়। এছাড়া কালেক্টরকে বেশি পরিমাণে ডোপড (doped) করা হয়। ট্রানজিস্টরে দুটি জাংশন থাকে। যথা এমিটার-বেস জাংশন এবং অপরটি বেস-কালেক্টর জাংশন। পূর্বে বলা হয়েছে যে,

(ক) ব্লক চিত্র



প্রতীক চিত্র

(খ) ব্লক চিত্র

প্রতীক চিত্র

চিত্র ১০.১৯

দুটি p-n জাংশনের সমন্বয়ে একটি ট্রানজিস্টর গঠিত হয়। একটিকে সম্মুখ ঝোঁক বা বায়াস যুক্ত এবং অপরটিকে বিপরীত ঝোঁক বা বায়াস যুক্ত করা হয়। সম্মুখ বায়াস যুক্ত জাংশনের রোধ বিপরীত বায়াস যুক্ত জাংশনের তুলনায় খুবই নগণ্য। দুর্বল সিগন্যাল (signal) বা সঙ্কেতকে কম রোধসমৃদ্ধ 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 রেজিস্ট্যান্সের (resistance) বা রোধের মাধ্যমে কারেন্ট ট্রান্সফার করে বলে এর নামকরণ ট্রান্সফার রেজিস্টর (transfer resistor) সংক্ষেপে ট্রানজিস্টর (transistor) করা হয়েছে। অন্যভাবে বলা যায় **তিন প্রান্তবিশিষ্ট যে ক্ষুদ্র অর্ধ-পরিবাহক পদার্থে বহির্মুখী প্রবাহ, ভোল্টেজ এবং ক্ষমতা অন্তর্মুখী প্রবাহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় তাকে ট্রানজিস্টর বলে।**

জেনে রাখ : ট্রানজিস্টারের উপযোগিতা কী ? এর কোনো অসুবিধা আছে কী ?

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 (৬) এটি খুব সস্তা।

ট্রানজিস্টরের অসুবিধা : (১) এটি উষ্ণতার খুব সুগ্রাহী (২) এটি খুব কম উৎপাদন শক্তি দেয়।

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

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

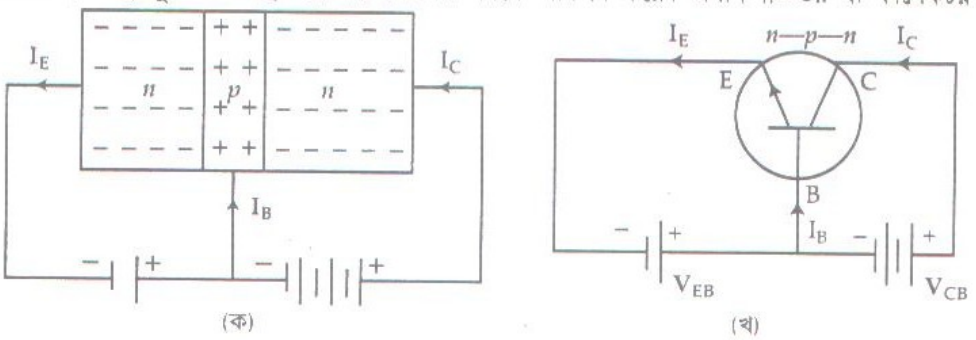
বাহক হিসেবে হোলের তুলনায় ইলেকট্রনের দ্রুতি বেশি। n–p–n ট্রানজিস্টরে সংখ্যাগুরু বাহক হলো ইলেকট্রন, তাই উচ্চ কম্পাঙ্কযুক্ত এবং কম্পিউটার বর্তনীতে n–p–n ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়।

কার্যক্রম
Working Principle

n-p-n ট্রানজিস্টর :

এখানে একটি n-p-n ট্রানজিস্টরের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা করা হলো। চিত্র ১০.২০ (ক) ও (খ)-তে n-p-n ট্রানজিস্টরের বৈদ্যুতিক বর্তনী দেখানো হয়েছে। চিত্রে বামদিকের এমিটার বেস জাংশনকে সম্মুখ ঝোঁকে 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 নিঃসরক 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 (5% প্রায়) হোল-এর সাথে মিলিত হয়ে খুব ক্ষুদ্র বেস প্রবাহ I_B সৃষ্টি করে।

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



চিত্র ১০·২০

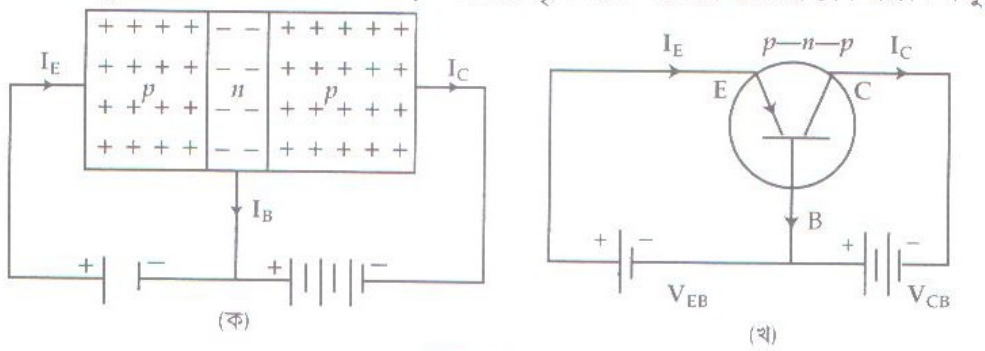
ইলেকট্রন সংগ্রহ করে। বেসের ভেতর দিয়ে আসার সময় কিছু সংখ্যক ইলেকট্রন বেস অঞ্চলের 'হোল' (hole) পূরণ করে; কিন্তু প্রায় 95% ইলেকট্রন কালেক্টর অঞ্চলে ছুটে যায় এবং বেস থেকে কালেকটরে তড়িৎ প্রবাহ I_C সৃষ্টি হয়। বেস অঞ্চলে যাতে খুব সামান্য পরিমাণে ইলেকট্রন হোলের সঙ্গে মিলিত হয়ে নিরপেক্ষ হয়, সে কারণে বেসকে হাল্কা 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। সুতরাং দেখা যায় ইমিটার প্রবাহ হলো বেস প্রবাহ ও কালেকটর প্রবাহের সামষ্টি। অর্থাৎ

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

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 কালেকটর বেশি ঋণাত্মক হওয়ায় হোলগুলো বেস থেকে তীব্রভাবে কালেকটরের দিকে ছুটে যায় এবং একটা প্রবল তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে এমিটার-বেস জাংশন সম্মুখ ঝোঁকে



চিত্র ১০·২১

এবং কালেকটর-বেস জাংশন বিপরীত ঝোঁকে রাখা হয়। সম্মুখ ঝোঁকের কারণে p অঞ্চলের ইমিটারের হোলগুলি বেসের দিকে প্রবাহিত হয়ে ইমিটার প্রবাহ I_E সৃষ্টি করে। আবার হোলগুলো n-অঞ্চলের বেসে প্রবেশ করে সেখানকার বিদ্যমান ইলেকট্রনগুলোর সাথে মিলতে চায়। বেস খুব পাতলা হওয়ায় প্রায় 5% হোল ইলেকট্রনের সাথে মিশে সামান্য বেস প্রবাহ I_B তৈরি করে। অবশিষ্ট হোল প্রায় 95% p অঞ্চলের কালেকটরে প্রবেশ করে। কালেকটর প্রবাহ I_C তৈরি করে। এভাবে প্রায় সম্পূর্ণ এমিটার বা নিঃসারক প্রবাহ কালেকটর বর্তনীতে প্রবাহিত হয়।

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

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

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 0.99 এবং 99।

১০·১২ ট্রানজিস্টরের ব্যবহার
Use of a transistor

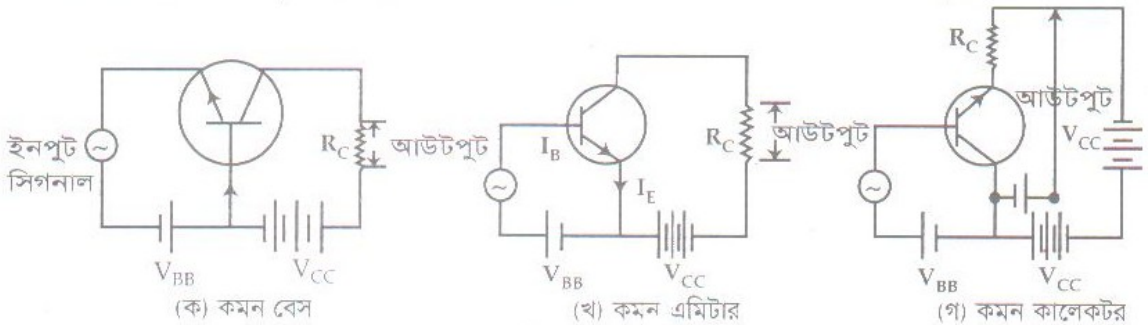
এ্যামপ্লিফায়ার বা বিবর্ধক হিসেবে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার
Use of a transistor as an amplifier

'এ্যামপ্লিফাই' (Amplify) শব্দের অর্থ হচ্ছে কোনো কিছুর মান বাড়ানো। যে যন্ত্র বা ডিভাইস (Device) মান বৃদ্ধি করে তাকে এ্যামপ্লিফায়ার বলে। ইলেকট্রনিক্সে এ্যামপ্লিফায়ারের বা বিবর্ধকের কাজ হচ্ছে সিগন্যালের মাত্রা (level)-কে বাড়িয়ে দেওয়া। ট্রানজিস্টর সিগন্যালকে বহুগুণ বৃদ্ধি করতে পারে বলে বিবর্ধক হিসেবে এর ব্যাপক ব্যবহার হয়।

ট্রানজিস্টর সিগন্যালকে দুই ভাবে বৃদ্ধি করতে পারে—(১) বেস কারেন্টের সাহায্যে কালেকটর কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে এবং (২) আউটপুট রোধকে ইনপুটের রোধের তুলনায় অনেক বেশি মানের ব্যবহার করে।

ট্রানজিস্টরকে এ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহারের সময় এমিটারকে সম্মুখ ঝোঁক বা বায়াসযুক্ত এবং কালেকটরকে বিপরীত ঝোঁক বা বায়াসযুক্ত রাখা হয়। ট্রানজিস্টরকে তিনটি প্রাথমিক বর্তনীর মাধ্যমে এ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা হয়। যথা—(১) কমন বেস (common base) বা সাধারণ পীঠ, (২) কমন এমিটার (common emitter) বা সাধারণ নিঃসারক এবং (৩) কমন কালেকটর (common collector) বা সাধারণ সংগ্রাহক এ্যামপ্লিফায়ার।

নিম্নে ১০.২২ চিত্রে n-p-n ট্রানজিস্টরের তিনটি প্রাথমিক বর্তনীর সংযোগ চিত্র দেখানো হলো :



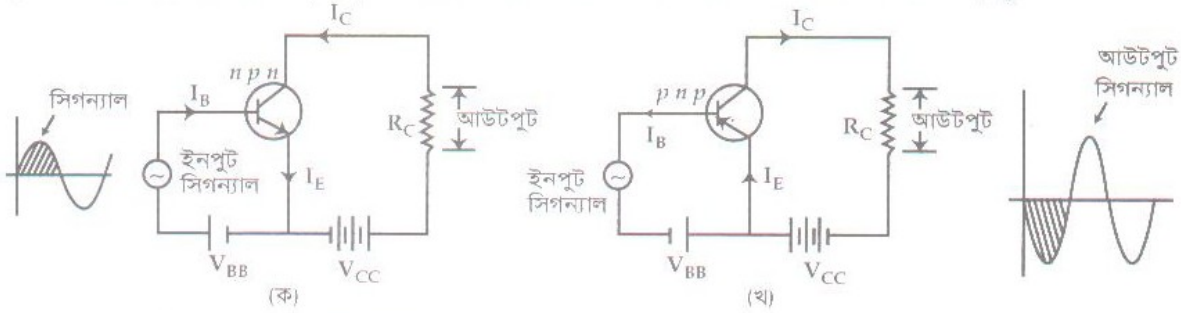
(ক) কমন বেস (খ) কমন এমিটার (গ) কমন কালেকটর

চিত্র ১০·২২

তিনটি বর্তনীর মধ্যে কমন এমিটার সার্কিট সবচেয়ে কার্যকরী বিধায় এর ব্যবহার সবচেয়ে বেশি। নিচের অনুচ্ছেদে আমরা একটি কমন এমিটার এ্যামপ্লিফায়ারের কার্যপ্রণালী বর্ণনা করব।

কমন এমিটার বিবর্ধক (Common Emitter Amplifier) :

বর্তনী চিত্র ১০·২৩-এ একটি কমন এমিটার বিবর্ধকের বর্তনী সংযোগ দেখানো হয়েছে। চিত্র ১০·২৩ (ক) একটি n-p-n এবং ১০·২৩ (খ) একটি p-n-p বিবর্ধকের বর্তনী চিত্র। এখানে বেস ও এমিটারের মধ্যে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ



(ক) n-p-n এ্যামপ্লিফায়ার বর্তনী। (খ) p-n-p এ্যামপ্লিফায়ার বর্তনী।

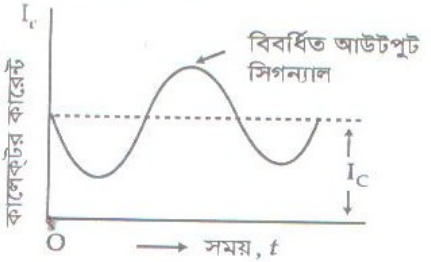
চিত্র ১০·২৩

করা হয় এবং কালেক্টর ও এমিটারের মধ্য থেকে আউটপুট নেয়া হয়। যেহেতু ইনপুট এবং আউটপুট উভয় ক্ষেত্রে এমিটার কমন (common), তাই এর নামকরণ কমন এমিটার বিবর্ধক।

এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ ছাড়াও এখানে একটি ব্যাটারী (V_{BB}) ইনপুট সার্কিটে ব্যবহার করা হয়েছে। এই ডি. সি. ভোল্টেজকে বলা হয় বায়াস ভোল্টেজ; এবং এর মান এমন হয় যেন এসি সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধেকের সময় এমিটার বেস জাংশন সম্মুখ ঝোঁকে থাকে। তা না হলে এমিটার বেস জাংশন বিপরীত ঝোঁক প্রাপ্ত হবে এবং আউটপুট বর্তনীতে কোনো প্রবাহ থাকবে না, ফলে এ্যামপ্লিফায়ার বিশ্বস্ততা হারাবে।

কার্যপ্রণালী (Working principle) : এমিটার বেস জাংশনে প্রযুক্ত সিগন্যালের ধনাত্মক অর্ধাংশের সময় জাংশনটির সম্মুখ ঝোঁক বৃদ্ধি পায়। ফলে অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন এমিটার থেকে বেসের মধ্য দিয়ে কালেকটরে প্রবাহিত হয় এবং কালেকটর প্রবাহ বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত কালেকটর প্রবাহ (I_C) কালেকটরের ভার রোধ (load resistance) R_c-তে অধিক পরিমাণে বিভব পতন (voltage drop) ঘটায়। অর্থাৎ বহির্গামীতে অধিক ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

সিগন্যালের ঋণাত্মক অর্ধাংশের জন্য এমিটার বেস জাংশনের সম্মুখ ঝোঁক কমে যায় ফলে কালেকটর প্রবাহের মাত্রাও কমে যায়। কালেকটর প্রবাহ কম হওয়ায় বর্তনীর আউটপুট ভোল্টেজ (output voltage) কম হয় তবে তা ইনপুট সিগন্যাল থেকে বেশি হয়। সুতরাং এভাবে ট্রানজিস্টর বিবর্ধিত আউটপুট তৈরি করে। এই বিবর্ধিত আউটপুটের এবং ইনপুটের মধ্যে দশা পার্থক্য 180° হয়। চিত্র ১০·২৪-এ কালেক্টরের সম্পূর্ণ প্রবাহ সময়ের সঙ্গে পরিবর্তন দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·২৪

ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ারের ব্যবহার :

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

প্রবাহ লাভ (Current gain) : সাধারণ নিঃসরক 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} ধ্রুব থাকলে I_C এর পরিবর্তন ΔI_C এবং I_B এর পরিবর্তন ΔI_B এর অনুপাতকে বলা হয় প্রবাহ লাভ। সুতরাং

$$\text{প্রবাহ লাভ, } \beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.4)$$

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (Current amplification factor) :

সাধারণ পীঠ বা কমন বেস বিবর্ধকের ক্ষেত্রে ইনপুট কারেন্ট হলো 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। সংগ্রাহক পীঠ ভোল্টেজ V_{CB} ধ্রুব থাকলে I_C ও I_E এর অনুপাতকে কারেন্ট বিবর্ধন গুণক বলে।

অর্থাৎ $$\alpha = \left(\frac{I_C}{I_E}\right)_{V_{CB}} = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right)_{V_{CB}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.5)$$

α এবং β-এর মধ্যে সম্পর্ক

সমীকরণ (10.3) হতে পাই,

$$I_E = I_B + I_C$$

বা, $$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$$

বা, $$\Delta I_B = \Delta I_E - \Delta I_C \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.6)$$

সমীকরণ (10.4) অনুসারে, $\beta = \dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

বা, $$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E - \Delta I_C} = \frac{\Delta I_C / \Delta I_E}{1 - \Delta I_C / \Delta I_E}$$

$$= \frac{\alpha}{1-\alpha} \quad [\because \alpha = \Delta I_C / \Delta I_E] \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (10.7)$$

হিসাব : একটি কমন বেস সংযোগে কারেন্ট বিবর্ধন ফ্যাক্টর হলো 0·9 এবং এমিটার কারেন্ট 1 mA হলে বেস কারেন্ট কত?

এখানে, $\alpha = 0{\cdot}9$, $I_E = 1$ mA

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

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

গাণিতিক উদাহরণ

১। ট্রানজিস্টর-এর সাধারণ পীঠ সংযোগে রয়েছে। এর নিঃসারক প্রবাহ 0·85 mA এবং পীঠ প্রবাহ 0·05 mA। প্রবাহ বিবর্ধন গুণক α বের কর। [ঢা. বো. ২০১০, ২০০৫; সি. বো. ২০০৬; রা. বো. ২০০৪; কু. বো. ২০০২]

এখানে,

$I_B = 0{\cdot}05$ mA

$I_E = 0{\cdot}85$ mA

আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B$

$I_C = I_E - I_B = (0{\cdot}85 - 0{\cdot}05)$ mA

$= 0{\cdot}80$ mA

এখন, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$= \frac{0{\cdot}80}{0{\cdot}85} = 0{\cdot}94$

২। কোনো ট্রানজিস্টরের কমন বেস সার্কিটে এমিটার কারেন্ট 100 μA থেকে 150 μA-এ উন্নীত করায় কালেক্টর কারেন্ট 98 μA থেকে 147 μA-এ উন্নীত হলো। এক্ষেত্রে কারেন্ট এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর নির্ণয় কর। [য. বো. ২০০৬]

এখানে,

$\Delta I_E = 150\,\mu A - 100\,\mu A = 50\,\mu A$

$= 50 \times 10^{-6}$ A

$\Delta I_C = 147\,\mu A - 98\,\mu A = 49\,\mu A$

$= 49 \times 10^{-6}$ A

$\alpha = ?$

আমরা জানি,

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

$= \frac{49 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-6}}$

$= 0{\cdot}98$

৩। একটি ট্রানজিস্টরের নিম্নলিখিত রাশিগুলি পরিমাপ করা হলো। $I_C = 5$ mA ; $I_B = 100\,\mu A$। ট্রানজিস্টারের α, β এবং I_E-এর মান বের কর। [রা. বো. ২০০৫]

দেওয়া আছে,

$I_C = 5$ mA $= 5 \times 10^{-3}$ A

$I_B = 100\,\mu A$

$= 0{\cdot}1 \times 10^{-3}$ A

আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

সুতরাং, প্রশ্নানুসারে, $\beta = \frac{5 \times 10^{-3}\text{ A}}{100 \times 10^{-6}\text{ A}}$

$= \frac{5 \times 10^{-3}\text{ A}}{0{\cdot}1 \times 10^{-3}\text{ A}} = 50$

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

$50 = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$

বা, $50 - 50\alpha = \alpha$

বা, $-51\alpha = -50$

বা, $\alpha = \frac{50}{51} = 0{\cdot}98$

এখন, $I_E = I_B + I_C$

$= 100\,\mu A + 5$ mA

$= 0{\cdot}1$ mA $+ 5$ mA

$= 5{\cdot}1$ mA

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

আমরা জানি,

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

এখানে,

$\beta = 100$

অর্থাৎ, $\Delta I_B = \frac{\Delta I_C}{\beta} = \frac{1}{100} = 0{\cdot}01$ mA

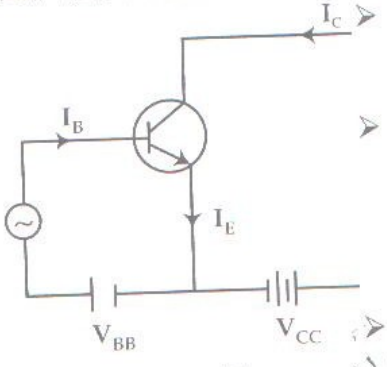
$\therefore \quad \Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B = 1 + 0{\cdot}01 = 1{\cdot}01$ r

সুইচ হিসেবে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার

Use of Transistor as switch

যে কোনো আদর্শ সুইচকে 'অন' (On) করলে একটি ওপেন সার্কিট (Open circuit) তৈরি হয়। এছাড়া বা 'অন' অবস্থা থেকে 'অফ' অবস্থায় চলে যেতে পারে

একটি ট্রানজিস্টর আদর্শ সুইচের শর্তগুলো সা বর্তনীতে এর বহুল ব্যবহার রয়েছে। ট্রানজিস্টরে বেস তড়িৎ প্রবাহ চলে না। সুতরাং ট্রানজিস্টরকে সুইচ হি 'অফ' করা যেতে পারে। চিত্র নং ১০·২৫(ক)-এ একটি এটি একটি সুইচ বর্তনী হিসেবে কাজ করে।



(ক)

কার্যনীতি : চিত্রে V_i = ইনপুট ভোল্টেজ, V_0 = পার্থক্য।

(i) যখন $V_i = 0$, তখন বেস এমিটার জাংশনে কারেন্ট $I_B = 0$ হয়। এখন যেহেতু $I_B = 0$, সুতরাং কা

$V_0 = V_S - I_C R_L$

এখন যেহেতু $I_C = 0$, যখন $V_i = 0$

$\therefore \quad V_0 = V_S$, V_S = সরবরাহ ভোল্টেজ

V_i কে আস্তে আস্তে বৃদ্ধি করলে এবং যত সামান্য বৃদ্ধি পায়; I_Cও সামান্য বৃদ্ধি পায়। এই অ তখন $I_C = 0$।

এখন V_i বৃদ্ধি পেয়ে V_2 হলে, কালেক্টর কারে বিভব পতন প্রায় সরবরাহ ভোল্টেজ V_S এর সমান হয়। সমীকরণ (10.8) অনুসারে তখন $V_0 = 0$ হয়। V_i এর মান V_2 এর বেশি হলে I_C এর তেমন একটা পরিবর্তন ঘটে না বিধায় আউটপুট ভোল্টেজ V_0 এর ওপর কোনো প্রভাব পড়ে না। এই অবস্থায় ট্রানজিস্টরটি সম্পৃক্ত (Saturated) হয়েছে বলা হয়।

সুতরাং দেখা যায় যে ইনপুট ভোল্টেজ পরিবর্তন করে ট্রানজিস্টরটি দুটি অবস্থানে পরিবর্তন করা যায়। একটি বিচ্ছিন্ন (cut off) অবস্থা ($V_0 = V_S$) এবং অন্যটি সম্পৃক্ত (saturated) অবস্থা ($V_0 = 0$)। ট্রানজিস্টরের এই চালু এবং বন্ধ (off and on) অবস্থা ডিজিটাল কম্পিউটারে ব্যবহৃত হয়। একটি ট্রানজিস্টর প্রতি সেকেন্ডে বহু লক্ষবার অবস্থা

ট্রায়োড: ৩টি তড়িদ্দ্বার থাকে। i. ফিলামেন্ট ii. প্লেট iii. গ্রীড

ব্যবহার: i. বিবর্ধক বা অ্যাম্প্লিফায়ার ii. স্পন্দক বা অসিলেটর iii. উদ্‌ঘাটক বা ডিটেকটর।

গতীয় রোধঃ যে বিভব পার্থক্যে p–n জংশন কাজ করে তাকে গতীয় রোধ বলে। গতীয় রোধ হল- $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$

জেনার বিভবঃ যে ভোল্টেজের জন্য বিমুখী ঝোঁকের হঠাৎ করে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাকে জেনার বিভব বলে। এ ক্রিয়াকে জেনার ক্রিয়া বলে।

রেকটিফায়ার হিসাবে p–n জংশনঃ অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ারঃ একটি ডায়োড ব্যবহার করে অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ার তৈরি করা হয়।

পূর্ণ তরঙ্গ রেটিফায়ারঃ দুটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়।

একটি p-টাইপ ও একটি n-টাইপ অর্ধ পরিবাহীকে বিশেষ ব্যবস্থাধীন সংযুক্ত করলে সংযোগ পৃষ্ঠ p - n জাংশন বলা হয়।

LED এর ব্যবহারঃ অপটিক্যাল যোগাযোগ, ইন্ডিকেটর বাতি এবং ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স ইত্যাদিতে LED ব্যবহার করা হয়। ডিজিটাল যন্ত্রসমূহের রঙিন বর্ণ বা সংখ্যা সৃষ্টি ও প্রদর্শনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

ট্রানজিস্টরের চারিত্রিক বৈশিষ্টঃ

- ❖ কারেন্ট গেইন ফ্রাক্টর (α)
- ❖ কারেন্ট গেন ফ্যাক্টর (β)
- ❖ ইনপুট বা নিবেশ রোধ;
- ❖ আউটপুট বা উৎপাদরোধ;
- ❖ লিকেজ কারেন্ট বা ক্ষারণ প্রবাহ।
- ❖ সর্বোচ্চ ক্ষমতা অবক্ষয়।
- ❖ কারেন্ট ও ভোল্টেজের সর্বোচ্চ সহনশীল মাত্রা।

FET দুই ধরনের:

১। Junction field effect transistor (JFET) বা জংশন ফেট।

২। Insulated gate field effect transistor (IGFET) বা অন্তরক ফটক বা MOSFET (মসফেট) বা ধাতব অক্সাইড অর্ধপরিবাহী ফেট।

Device. FET এর ব্যবহারঃ

১। Bipolar transistor যে সমস্ত কাজে ব্যবহৃত হয় FET ও প্রায় সেসব কাজে ব্যবহৃত হয়। তবে FET এককভাবে অনেক কাজে ব্যবহৃত হয়।

২। FET এর ইনপুটে উচ্চ রোধ/বাধা (Impedence) এবং আউটপুটে স্বল্প রোধ/বাধা থাকার কারনে Bipolar transistor এর চেয়ে এটি উন্নতমানের ও এর ব্যবহার বেশি।

৩। FET এর ইনপুটে উচ্চ বাধা/রোধ জন্য বর্তনীতে লেডিং ক্রিয়া খুব কম হয়। তাই উন্নত মানের ভোল্টমিটার, বিভিন্ন পরিমান যন্ত্রপাতিতে, দোলন দর্শী (Dscilloscope) ইত্যাদিতে বহুল ব্যবহৃত হয়।

৪। লজিক বর্তনীতে FET এর প্রচুর ব্যবহার আছে।

পরিবর্তন করতে পারে। এক সুইচের আউটপুটকে অন্য সুইচের ইনপুট হিসেবে ব্যবহার করা যায় এবং বহু সংখ্যক সুইচকে যুক্ত করে অতি দ্রুততার সঙ্গে জটিল গাণিতিক হিসাব সম্পন্ন করা যায়।

১০·১৩ সংখ্যা বা নম্বর পদ্ধতি
Number System

সভ্যতার শুরু থেকেই মানুষের মাঝে হিসাব বা গণনা করার ধারণা জন্মায়। তখন থেকেই প্রয়োজন ও সুবিধা অনুযায়ী বিভিন্ন ধরনের গণনা পদ্ধতি সৃষ্টি হতে থাকে। গণনা প্রক্রিয়ার মধ্যে ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যাতে আলাদা আলাদা একক ব্যবহৃত হয়, যেমন হাত, আঙ্গুল, ডিজিট (0, 1, 2, 3 .....) ইত্যাদি। এই একক বা ইউনিটগুলো এককভাবে বা গুচ্ছাকারে ব্যবহার করে কোনো পূর্ণ সংখ্যা প্রকাশ করা যায়।

কোনো সংখ্যা লেখা বা প্রকাশ করার পদ্ধতিকেই সংখ্যা বা নম্বর পদ্ধতি বলে। সংখ্যা তৈরি করার বিভিন্ন প্রতীকই হলো অঙ্ক। সংখ্যা পদ্ধতির সাহায্যে অঙ্ক ব্যবহার করে যে কোনো পরিমাণ (quantity) প্রকাশ করা যায়, যেমন দশমিক পদ্ধতিতে 507 সংখ্যাটি 5, 0 ও 7 আলাদা তিনটি অঙ্কের দ্বারা গঠিত হয়েছে। সংখ্যা পদ্ধতিতে বিভিন্ন নির্দিষ্ট অঙ্ককে নিয়ম অনুসরণ করে সাজালে বিভিন্ন সংখ্যা পাওয়া যায়। এসব সংখ্যাকে বিভিন্ন গাণিতিক নিয়ম, যেমন— যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ ইত্যাদি দ্বারা গণনার কাজ সম্পন্ন করা যায়।

সংখ্যা পদ্ধতির ভিত (Base of number system) :

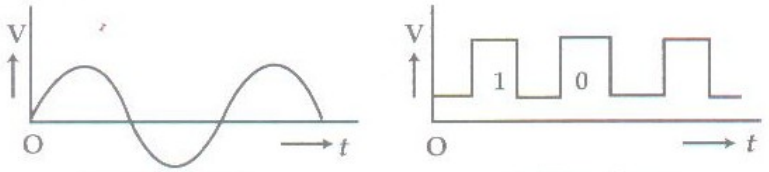
কোনো সংখ্যা পদ্ধতির ভিত বা বেস হচ্ছে ঐ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত মৌলিক চিহ্নসমূহের মোট সংখ্যা। যেমন দশমিক পদ্ধতিতে দশটি মৌলিক চিহ্ন আছে; যথা— 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9। সুতরাং এর ভিত্তি বা বেস 10। সংখ্যা পদ্ধতির বেস বা ভিতের উপর নির্ভর করে পজিশনাল সংখ্যা পদ্ধতি বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। ডিজিটাল সার্কিটে চার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

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

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

ডিজিটাল পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যাতে আলাদা আলাদা একক ব্যবহৃত হয়। যেমন হাত, আঙ্গুল, ডিজিট (0, 1, 2, ...) ইত্যাদি, এই একক বা ইউনিটগুলো এককভাবে বা গুচ্ছাকারে ব্যবহার করে কোনো পূর্ণ সংখ্যা প্রকাশ করা যায়।

এনালগ পদ্ধতি হলো এমন একটি প্রক্রিয়া যাতে সরাসরি পরিমাপযোগ্য পরিমাণ ব্যবহৃত হয়। যেমন ভোল্ট, ঘূর্ণন, দূরত্ব ইত্যাদি যোগাযোগ ব্যবস্থায় এনালগ এবং ডিজিটাল উভয় পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। নিচের ১০.২৬ চিত্রে উভয় প্রকার সিগনাল দেখান হলো।



অ্যানালগ সিগনাল ডিজিটাল সিগনাল

চিত্র ১০·২৬

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

দশমিক পদ্ধতি 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, এটি সংখ্যাটি তৃতীয় অবস্থানে (অর্থাৎ শতকের ঘরে) রয়েছে। এখানে সংখ্যা পদ্ধতির বেস বা ভিত 10। সংখ্যাটিকে গাণিতিক ভাষায় লেখা যায়,

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

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।

ডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতিতে

$432{\cdot}45_{10} = 4\times10^2 + 3\times10^1 + 2\times10^0 + 4\times10^{-1} + 5\times10^{-2}$

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।

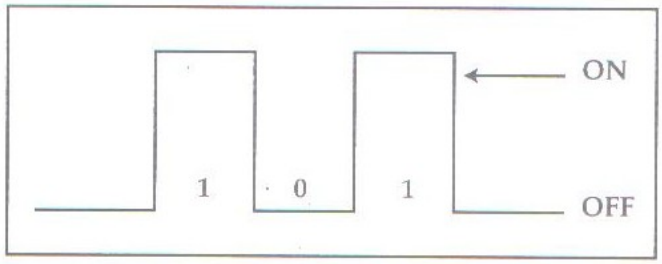
দশমিক পদ্ধতিতে 0 থেকে 9 পর্যন্ত গণনার জন্য একটি স্থান প্রয়োজন এবং তার পরে দ্বিতীয় বা অন্যান্য স্থান ব্যবহার করা হয়। যেমন 9 এর পরে 10 হয়। তেমনি বাইনারি পদ্ধতির 0 এবং 1 গণনার জন্য একটি স্থান, তারপরে দ্বিতীয় বা অন্যান্য স্থান প্রয়োজন হয়। নিচের সারণিতে দশমিক ও সমকক্ষ বাইনারি নিয়মে গণনা দেখানো হয়েছে।

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 ইলেকট্রনিক উপায়ে নির্দেশ করা সম্ভব। কম্পিউটার বা ইলেকট্রনিক যন্ত্র 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।

পার্শ্বের চিত্রে ডিজিটাল সংকেত দ্বারা ON ও OFF বা 1 ও 0 কে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·২৭

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

বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতিতে,

$101011_2 = 1\times2^5 + 0\times10^4 + 1\times2^3 + 0\times2^2 + 1\times2^1 + 1\times2^0$
$= 32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 1 = 43$

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

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

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

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

উদাহরণ III : ডেসিমেল $25{\cdot}625_{10}$-কে বাইনারিতে প্রকাশ কর।

পূর্ণসংখ্যার ক্ষেত্রে	দশমিকের ক্ষেত্রে
$25 \div 2 = 12 + 1$	$0{\cdot}625 \times 2 = 1{\cdot}25 = 0{\cdot}25 + 1$
$12 \div 2 = 6 + 0$	$0{\cdot}25 \times 2 = 0{\cdot}5 = 0{\cdot}5 + 0$
$6 \div 2 = 3 + 0$	$0{\cdot}5 \times 2 = 1{\cdot}0 = 0{\cdot}0 + 1$
$3 \div 2 = 1 + 1$	
$1 \div 2 = 0 + 1$	

$\therefore \quad 25_{10} = 11001_2$ $\qquad \therefore \quad 0{\cdot}625_{10} = {\cdot}101_2$

সুতরাং, $25{\cdot}625_{10} = 11001{\cdot}101_2$

৩। অক্টাল সংখ্যা পদ্ধতি (Octal Number System) :

অক্টাল 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 হত। সারণিতে অক্টাল পদ্ধতিতে গণনার রীতি দেখানো হয়েছে।

সারণি-২

দশমিক পদ্ধতি	অক্টাল 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 অক্টাল বা 8 ভিত্তিক সংখ্যায় রূপান্তর কর।

8	56	– ভাগশেষ
8	7	– 0
	0	– 7

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

উদাহরণ II : $0{\cdot}15_{10}$কে 8 ভিত্তিক সংখ্যায় রূপান্তর কর।

$0{\cdot}15 \times 8 = 1{\cdot}20 = 0{\cdot}20 + 1$
$0{\cdot}20 \times 8 = 1{\cdot}60 = 0{\cdot}60 + 1$
$0{\cdot}60 \times 8 = 4{\cdot}80 = 0{\cdot}80 + 4$

$\therefore \quad 0{\cdot}15_{10} = 0{\cdot}114_8$

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—

$\longleftarrow 8^3 \quad 8^2 \quad 8^1 \quad 8^0 \quad \cdot \quad 8^{-1} \quad 8^{-2} \quad 8^{-3} \longrightarrow$

↑

অক্টাল পয়েন্ট

3	5	2
8^2	8^1	8^0
64	8	1

$\therefore \quad 352_8 = 3\times8^2 + 5\times8^1 + 2\times8^0$

$= 3\times64 + 5\times8 + 2\times1$

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

উদাহরণ IV : $206{\cdot}104_8$-কে ডেসিমেলে রূপান্তর কর।

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

2	0	6		1	0	4
8^2	8^1	8^0		8^{-1}	8^{-2}	8^{-3}

$206 = 2\times8^2 + 6\times8^0 = 134$

$0{\cdot}104 = \frac{1}{8} + \frac{4}{8^3} = \frac{17}{128}$

$\therefore \quad 206{\cdot}104_8 = \left(134 + \frac{17}{128}\right)_{10}$

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 প্রায় সকল কম্পিউটারে এই গণনা পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

সারণি ৩ : বিভিন্ন সংখ্যা পদ্ধতির গণনা

দশমিক পদ্ধতি	বাইনারি পদ্ধতি	অক্টাল	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।

0010 1101 0111
2 D 7

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

উদাহরণ II : 10001100_2-কে হেক্সাডেসিমেলে রূপান্তর কর।

1000 1100
8 C

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

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

E — 1110, A — 1010, C — 1100, F — 111

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

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

2 2 A
0010 0010 1010

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

সংখ্যা পদ্ধতির রূপান্তর (Conversion of Number System) : দৈনন্দিন জীবনে আমরা ডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি ব্যবহার করি; কিন্তু কম্পিউটারে বাইনারি, অক্টাল কিংবা হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। এখন আমরা বিভিন্ন সংখ্যা পদ্ধতির রূপান্তর আলোচনা করব।

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 ভিন্নতর।

পূর্ণাংশের রূপান্তর : যে দশমিক পূর্ণ সংখ্যাকে পরিবর্তন করতে হবে তাকে কাঙ্ক্ষিত পদ্ধতির ভিত্তি বা বেস দ্বারা ভাগ করতে হবে। যেমন— বাইনারির ক্ষেত্রে 2 দ্বারা, অক্টালের ক্ষেত্রে 8 এবং হেক্সাডেসিমেলের ক্ষেত্রে 16 দ্বারা ভাগ করতে হবে। ভাগশেষকে সংরক্ষণ করতে হবে।

উপরের ধাপে প্রাপ্ত ভাগফলকে বেস দ্বারা ভাগ করতে হবে এবং ভাগশেষকে সংরক্ষণ করতে হবে। এভাবে ভাগফলকে বেস বা ভিত্তি দ্বারা ভাগ করার প্রক্রিয়া ততক্ষণ পর্যন্ত চলতে থাকবে যতক্ষণ না ভাগফল শূন্য হয়। প্রাপ্ত ভাগশেষগুলোকে নিচের দিক থেকে উপরের দিকে সাজিয়ে লিখলেই রূপান্তরিত সংখ্যার পূর্ণাংশ পাওয়া যাবে।

উদাহরণ : $(198)_{10} = (?)_2$

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	

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

ভগ্নাংশের ক্ষেত্রে :

এক্ষেত্রে যে ভগ্নাংশকে পরিবর্তন করা হবে সেটিকে কাঙ্ক্ষিত পদ্ধতির বেস বা ভিত্তি দ্বারা গুণ করতে হবে। যেমন— বাইনারির ক্ষেত্রে 2 দ্বারা, অক্টালের ক্ষেত্রে 8 দ্বারা এবং হেক্সাডেসিমেলের ক্ষেত্রে 16 দ্বারা গুণ করতে হবে। প্রাপ্ত গুণফলের পূর্ণাংশকে সংরক্ষণ করতে হবে।

উপরের ধাপে প্রাপ্ত গুণফলের ভগ্নাংশকে পুনরায় কাঙ্ক্ষিত 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
	0.375
	× 2
0	0.750
	× 2
1	0.500
	× 2
1	.000

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

দশমিক থেকে অক্টালে রূপান্তর :

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

পূর্ণাংশের ক্ষেত্রে—

উদাহরণ : $(669)_{10} = (?)_8$

8	669 ভাগশেষ	(অবশিষ্ট)
8	83 – 5	
8	10 – 3	
8	1 – 2	
	0 1	

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

ভগ্নাংশের ক্ষেত্রে—

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

উদাহরণ : $(0.046875)_{10} = (?)_8$

পূর্ণাংশ	ভগ্নাংশ
	0.046875
	× 8
0	0.375
	× 8
3	000

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

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	

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

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

পূর্ণাংশ	ভগ্নাংশ
	0.850
	× 16
(13)	0.60
	× 16
9	0.60
	× 16
9	0.60
	× 16
9	0.60

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

যেকোনো সংখ্যা পদ্ধতি থেকে দশমিক সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তর

বাইনারি অথবা অক্টাল বা হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা পদ্ধতি থেকে দশমিক সংখ্যা পদ্ধতিতে রূপান্তরের জন্য নিম্নের পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। এক্ষেত্রে পূর্ণাংশ এবং ভগ্নাংশের জন্য একই নিয়ম ব্যবহৃত হয়।

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

উদাহরণ : $(10101.101)_2 = (?)_{10}$

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

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

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

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

অক্টাল থেকে দশমিকে রূপান্তর :

অক্টাল সংখ্যার প্রতিটি স্থানীয় মান যোগ করে সংখ্যাটির সমতুল্য দশমিক মান নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ : $(123.540)_8 = (?)_{10}$

সমাধান :

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

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

হেক্সাডেসিমেল থেকে দশমিকে রূপান্তর :

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

উদাহরণ : $(B5D.44)_{16} = (?)_{10}$

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

১০·১৪ 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।

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 অঙ্ক যোগের চারটি নিম্নরূপ অবস্থা হয় :

$0 + 0 = 0$

$0 + 1 = 1$

$1 + 0 = 1$

$1 + 1 = 0$ এবং এর সাথে হাতে 1 থাকবে। এই হাতে থাকাকে carry বলে।

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

উদাহরণ ১। 1101001 এর সাথে 1010101 যোগ কর।

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

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।

ধাপ–৩। যদি দ্বিতীয় ধাপে carry থাকে তা পরবর্তী কলামের বিয়োজ্যের সাথে যোগ করে বিয়োগ করতে হবে।

উদাহরণ : 1001 থেকে 101 বিয়োগ কর।

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

সুতরাং বিয়োগফল = 100

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

বাইনারি গুণ
Binary Multiplication

যেভাবে ডেসিমেল সংখ্যার গুণ করা হয় অনুরূপভাবে বাইনারি সংখ্যার গুণ করা হয়। তবে ডেসিমেল গুণ করার চেয়ে বাইনারি গুণ করা অনেক সহজ। কারণ বাইনারি গুণের ক্ষেত্রে চারটি গুণফল জানলেই যথেষ্ট। বাইনারি গুণের চারটি অবস্থা নিম্নে দেখানো হলো :

$0 \times 0 = 0$

$0 \times 1 = 0$

$1 \times 0 = 0$

$1 \times 1 = 1$

উদাহরণ : বাইনারি সংখ্যা 0111 এবং 1110 গুণ কর।

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

বাইনারি ভাগ
Binary Division

ডেসিমেল সংখ্যার ভাগের নিয়মেই বাইনারি সংখ্যার ভাগ করা হয়। বাইনারি পদ্ধতিতে 0 দিয়ে ভাগ করা অর্থহীন। বাইনারি ভাগ পদ্ধতিতে চারটি অবস্থার সৃষ্টি হয়। যথা—

$0/0$ = অর্থহীন

$1/0$ = অর্থহীন

$0/1 = 0$

$1/1 = 1$

উদাহরণ : বাইনারি সংখ্যা 1001 কে 11 দ্বারা ভাগ কর।

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

১০·১৫ 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।

George Boole (1815-1864)

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 অ্যালজেবরার সাহায্যে সমাধান করা সম্ভব। বুলিয়ান বীজগণিতে শুধুমাত্র যোগ এবং গুণ-এর সাহায্যে সমস্ত কাজ করা হয়।

বুলিয়ান বীজগণিত :

(i) যোগ চিহ্ন '+' দ্বারা OR বুঝানো 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) :**

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

$A . (B . C) = (A . B) . C$

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

$A . (B + C) = A . B + A . C$

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 যাচাই করা যায়।

সম্পর্ক	সত্যতা যাচাই	
	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. $A + \bar{A} = 1$	$0 + 1 = 1$	$1 + 0 = 1$
5. $A . 0 = 0$	$0 . 0 = 0$	$1 . 0 = 0$
6. $A . 1 = A$	$0 . 1 = 0$	$1 . 1 = 1$
7. $A . A = A$	$0 . 0 = 0$	$1 . 1 = 1$
8. $A . \bar{A} = 0$	$0 . 1 = 0$	$1 . 0 = 0$
9. $\bar{\bar{A}} = A$	$\bar{\bar{0}} = \bar{1} = 0$	$\bar{\bar{1}} = \bar{0} = 1$

লজিক গেট : বুলিয়ান অ্যালজেবরার ব্যবহারিক প্রয়োগের জন্য ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট ব্যবহার করা হয়। লজিক গেট হলো এক ধরনের ইলেকট্রনিক বর্তনী যার দ্বারা যৌক্তিক সিদ্ধান্ত গঠন করা যায়। এ সকল ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিটকে লজিক গেট বলে। লজিক গেট বলতে সাধারণত লজিক সার্কিটকে বুঝায় যাতে এক বা একাধিক ইনপুট এবং কেবল একটি আউটপুট থাকে, যা ইনপুটের ভিত্তিতে আউটপুট নির্ধারণ করে। লজিক গেটগুলো মূলত একটি ডিজিটাল পদ্ধতির জন্য মৌলিক ব্লক হিসেবে কাজ করে যা বাইনারি '0' (Zero) ও '1' (One) দ্বারা অপারেট হয়।

লজিক গেটের ডিমরগানের তত্ত্ব : ফরাসি বিজ্ঞানী ডিমরগান (De Morgan) দুটি বিশেষ গাণিতিক উপপাদ্য আবিষ্কার করেন। সেগুলি তাঁর নাম অনুসারে ডি মরগ্যান উপপাদ্য নামে পরিচিত।

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

অর্থাৎ $\overline{A + B} = \bar{A} . \bar{B}$

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

অর্থাৎ $\overline{A . B} = \bar{A} + \bar{B}$

De Morgan (1806-1881)

লজিক গেটের প্রকারভেদ : ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সে তিনটি মৌলিক লজিক গেট ব্যবহার করা হয়। যথা— (১) OR গেট, (২) AND গেট এবং (৩) NOT গেট। ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সে এই তিনটি মৌলিক গেট ছাড়া আরও কিছু গেট ব্যবহার করা হয়। যথা— NAND গেট, NOR গেট, XOR গেট, XNOR গেট। এই গেটগুলো মৌলিক গেট দ্বারা তৈরি করা হয়।

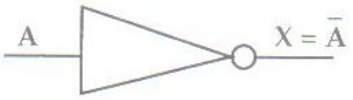
জেনে রাখ : লজিক গেইট কী ? বুলিয়ান বীজগণিতের মৌলিক কার্যক্রমগুলি কী কী ?

যে সকল ইলেকট্রনিক বর্তনী এক বা একাধিক ইনপুট গ্রহণ করে বুলিয়ান বীজগণিত অনুযায়ী প্রক্রিয়াজাত করে একটিমাত্র আউটপুট প্রদান করে তাকে লজিক গেইট বলে। বুলিয়ান বীজগণিতের মৌলিক কার্যক্রমগুলি হলো— (ক) লজিক যোগ বা OR যোগ (খ) লজিক গুণ বা AND গুণ (গ) লজিক সম্পূরক বা NOT কার্যক্রম।

❖ **NOT গেট :** NOT গেটে একটি ইনপুট এবং একটি আউটপুট থাকে। NOT গেটের ইনপুট '1' হলে আউটপুট '0' এবং ইনপুট '0' হলে আউটপুট '1' হয়। NOT গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

$$X = \overline{A}$$

এখানে A এর উপর প্রদর্শিত বার দ্বারা NOT অপারেশন বুঝানো হয়। এই সমীকরণকে "X equals Not A." এভাবে পড়া হয় অথবা "X equals the complement of A" এভাবে পড়া হয়। নিচের চিত্র ১০·২৮(ক)-এ NOT গেটের প্রতীক এবং ১০·২৮(খ)-এ ট্রুথ টেবিল (সত্য সারণি) দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·২৮(ক) : NOT গেটের প্রতীক।

A	$X = \overline{A}$
0	0
1	0

চিত্র ১০·২৮(খ) : NOT গেটের ট্রুথ টেবিল প্রতীক।

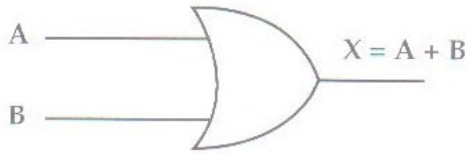
❖ **OR গেট :** OR গেট এমন এক ধরনের গেট যার দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে।

ব্যাখ্যা : একটি OR গেট-এর দুটি ইনপুট যথাক্রমে A ও B হলে এবং আউটপুট X হলে OR গেট-এর বুলিয়ান সমীকরণ 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 ১০·২৯(ক) এবং ট্রুথ টেবিল (Truth table) চিত্র ১০·২৯(খ) দেখানো হয়েছে।

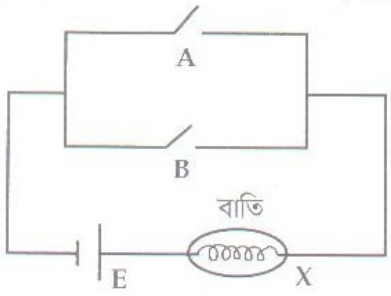


চিত্র ১০·২৯ (ক) : দুই ইনপুটবিশিষ্ট OR গেটের সংকেত।

A	B	X = A + B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

চিত্র ১০·২৯(খ) : দুই ইনপুটবিশিষ্ট OR গেট-এর ট্রুথ টেবিল।

চিত্র ১০·৩০ এ OR গেটের একটি ইলেকট্রনিক বর্তনী দেখানো হয়েছে। এই সমান্তরাল সুইচ বর্তনীর যেকোনো একটি সুইচ 'অন' করলে অথবা দুটি সুইচ একসঙ্গে অন করলে বাতিটি জ্বলবে।

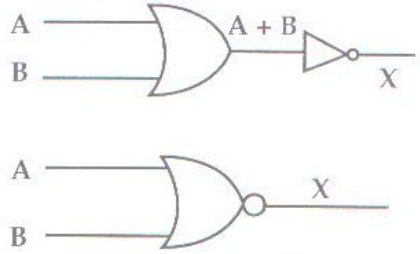


চিত্র ১০·৩০

❖ **NOR গেট :** OR গেটের পর NOT গেট সংযুক্ত করলে NOR গেট তৈরি হয়। NOR গেটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকতে পারে এবং একটিমাত্র আউটপুট থাকে। এখানে আউটপুট X-এর সমীকরণ হলো :

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

চিত্র ১০·৩১(ক)-এ বুলিয়ান সমীকরণসহ দুটি ইনপুটবিশিষ্ট NOR গেটে প্রতীক চিহ্ন এবং চিত্র ১০·৩১(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·৩১(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

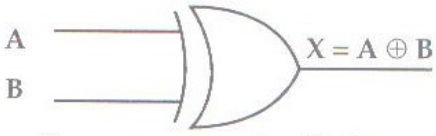
চিত্র ১০·৩১(খ) : NOR গেটের ট্রুথ টেবিল।

❖ **XOR গেট :** Exclusive-OR (XOR) গেট এমন এক ধরনের গেট যা এর ইনপুটে বিজোড় সংখ্যা আছে কিনা চিহ্নিত করে। XOR গেটের ইনপুটে বিজোড় সংখ্যক 1 হলে আউটপুট 1 হয়। দুটি বিটের অবস্থা তুলনা করার জন্য এই গেট ব্যবহার করা হয়। XOR গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো–

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

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

চিত্র ১০·৩২(ক)-এ XOR গেটের প্রতীক চিহ্ন এবং ১০·৩২(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·৩২(ক) XOR গেটের প্রতীক চিহ্ন।

A	B	A + B	X = A + B
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

চিত্র ১০·৩২(ক) (খ) XOR গেটের ট্রুথ টেবিল।

❖ **X-NOR গেট :** XOR গেটের আউটপুটকে NOT গেট দিয়ে প্রবাহিত 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।

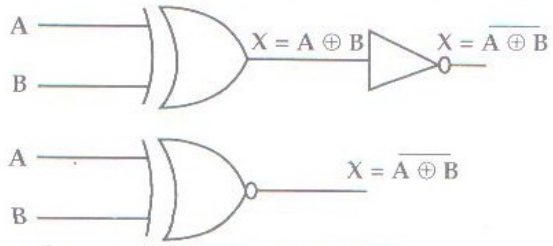
X-NOR গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

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

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

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

চিত্র ১০·৩৩(ক)-এ X-NOR গেটের প্রতীক চিহ্ন এবং ১০·৩৩(খ)-এ ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।



চিত্র ১০·৩৩(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 ১০·৩৩(খ) X-NOR গেটের ট্রুথ টেবিল।

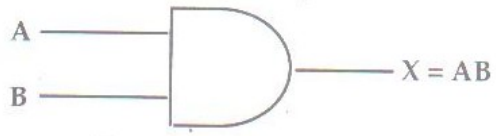
❖ **AND গেট :** AND গেটে দুই বা ততোধিক ইনপুট এবং একটি আউটপুট থাকে। AND গেটের সকল ইনপুট '1' হলেই কেবলমাত্র আউটপুট '1' হবে। অন্যথায় আউটপুট '0' হবে। অর্থাৎ **যে লজিক গেটের সবগুলো ইনপুট 1 হলে আউটপুট 1 হয় তাকে AND গেট বলে।** ১০·৩৪নং চিত্রে দুই ইনপুটবিশিষ্ট একটি AND গেট-এর প্রতীক এবং ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে। এর ইনপুট দুটি A এবং B এবং আউটপুট X। AND গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

$X = A.B$

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

X = A.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 ১০·৩৪(ক)-এ একটি AND গেটের প্রতীক এবং চিত্র ১০·৩৪(খ) এ AND গেটের ট্রুথ টেবিল দেখানো হয়েছে।

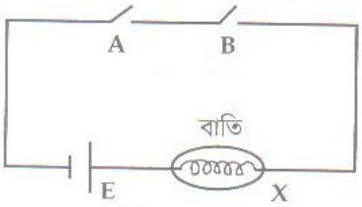


চিত্র ১০·৩৪(ক) : AND গেটের প্রতীক।

A	B	X = AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

চিত্র ১০·৩৪(খ) : AND গেটের ট্রুথ টেবিল।

১০·৩৫ চিত্রে AND গেটের সমকক্ষ 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।



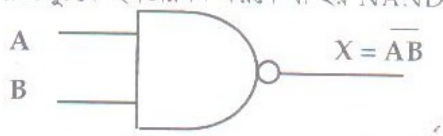
চিত্র ১০·৩৫

❖ **NAND গেট :** AND গেটের আউটপুটে Inverter 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।

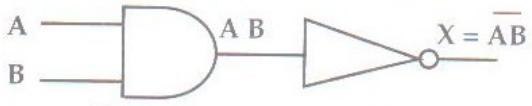
চিত্র ১০·৩৬(ক)-এ NAND গেটের প্রতীক এবং ১০·৩৬(খ)-এ এর সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে। দুই ইনপুটবিশিষ্ট NAND গেটের বুলিয়ান সমীকরণ হলো,

$X = \overline{A.B}$

চিত্র ১০·৩৬(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 ১০·৩৬(ক) : NAND গেটের প্রতীক।

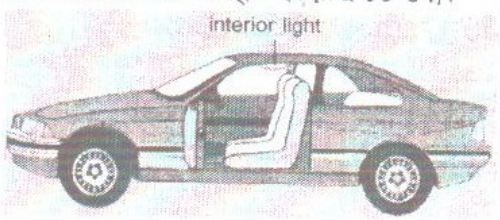


চিত্র ১০·৩৬(খ) : NAND গেটের সমতুল্য সার্কিট।

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

চিত্র ১০·৩৬ (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 ১০·৩৭]।



চিত্র ১০·৩৭

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

OR, AND এবং NOT এই তিনটি মৌলিক গেটের সমন্বয়ে যেকোনো লজিক গেট তৈরি করা 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।

(i) ন্যূনতম সংখ্যক OR এবং NOT gate ব্যবহার করে একটি AND গেট কীভাবে তৈরি করবে ?

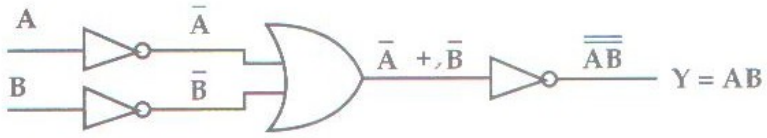
এক্ষেত্রে ডি মরগ্যানের নিম্নলিখিত উপপাদ্য ব্যবহার করতে হবে—

$$\bar{A} + \bar{B} = \overline{A.B}$$

এবার এই সম্পর্ককে invert করলে AND গেট সমীকরণ পাওয়া যাবে।

অতএব, $\overline{A.B} = AB$

চিত্র ১০.৩৮ এ AND গেটটি ($Y = AB$) দেখানো হলো,



চিত্র ১০.৩৮

(ii) ন্যূনতম সংখ্যক AND এবং NOT গেট ব্যবহার করে একটি OR গেট কীভাবে তৈরি করবে ?

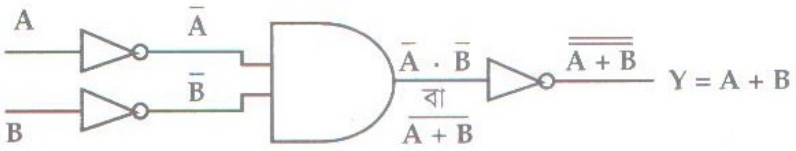
এক্ষেত্রে ডি মরগ্যানের নিম্নলিখিত উপপাদ্য ব্যবহার করতে হবে—

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

এবার, এ সম্পর্ককে Invert করলে OR গেট সমীকরণ পাওয়া যাবে,

অর্থাৎ, $\overline{\overline{A + B}} = A + B$

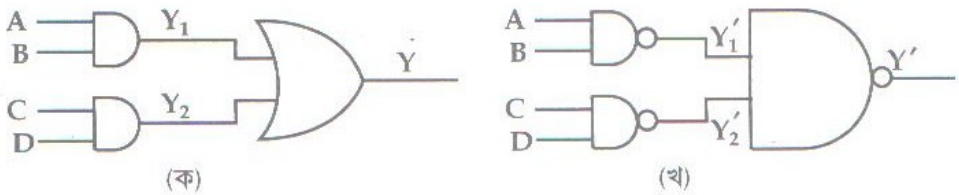
চিত্র ১০.৩৯ এ OR গেটটি ($Y = A + B$) দেখানো হলো



চিত্র ১০.৩৯

গাণিতিক উদাহরণ

১। দেখাও যে, চিত্র ১০.৪০(ক) ও (খ) বর্তনী দুটি পরস্পরের তুল্য বর্তনী।



চিত্র ১০.৪০

সমাধান : চিত্র ১০.৪০(ক)-তে,

$Y_1 = AB$ এবং $Y_2 = CD$

সুতরাং, $Y = AB + CD$ ... ... (i)

আবার, চিত্র ১০.৪০(খ)-তে

$Y_1' = \overline{AB}$ এবং $Y_2' = \overline{CD}$

সুতরাং, $Y' = \overline{Y_1'Y_2'} = \overline{Y_1'} + \overline{Y_2'}$

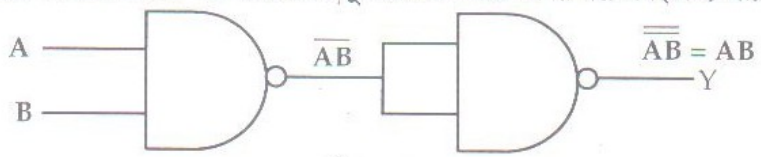
$= \overline{\overline{AB}} + \overline{\overline{CD}}$

$= AB + CD$ ... ... (ii)

অর্থাৎ, $Y' = Y$, কাজেই বর্তনী দুটি পরস্পরের তুল্য বর্তনী (প্রমাণিত)

এজন্য AND—OR সমবায়কে NAND—NAND সমবায়ের তুল্য বলা হয়।

২। চিত্র ১০.৪১ এ প্রদত্ত লজিক বর্তনীর ক্ষেত্রে বুলিয়ান সম্পর্কটি নির্ণয় কর এবং সত্য সারণি তৈরি কর।



চিত্র ১০.৪১

চিত্র ১০.৪১ 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 সারণী নিম্নরূপ :

A	B	AB	$\overline{AB}$	$\overline{\overline{AB}}$	$Y = \overline{AB} = AB$
0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1

১০.১৬ ব্যবহারিক
Experimental

পরীক্ষণের নাম :	AND লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই
পিরিয়ড : ১	**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

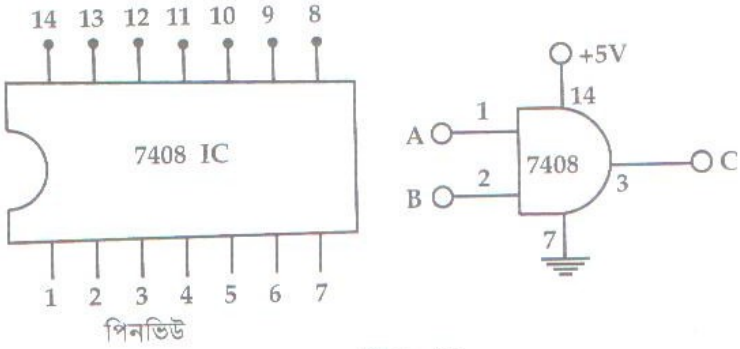
(খ) 2 ইনপুট AND গেট (7408) আইসি ১টি

(গ) LED বাতি

(ঘ) সুইচ

(ঙ) সংযোগ তার

সংযোগ : AND গেটের আইসি সংযোগ চিত্র ১০'৪২-এ দেখানো হলো।



চিত্র ১০'৪২

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 . B = C বুলিয়ান বীজগণিত অনুসারে কাজ করে।

কাজের ধারা (Working procedure)

১। পিন সংযোগ অনুযায়ী ট্রেইনার বোর্ডের উপর IC বসাতে হবে। 1নং ও 2নং পিন সুইচ A ও B এর সাথে এবং 7নং পিন এর সাথে ভূমি এবং 14নং পিন এর সাথে +5V সংযোগ দিতে হবে। 3নং পিন ট্রেইনার বোর্ডে LED বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।

২। ট্রেইনার বোর্ডে বৈদ্যুতিক সংযোগ দিতে হবে।

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

সতর্কতা :

১। সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।

২। 14নং পিন ট্রেনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।

৩। সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

পরীক্ষণের নাম :	**NOT লজিক গেট-এর ট্রুথ টেবিল যাচাই**
পিরিয়ড : ১	**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 ১টি

৩। LED বাতি

৪। সুইচ

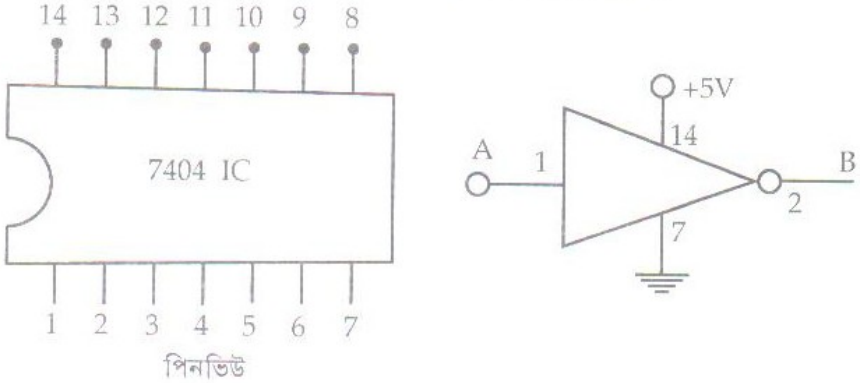
৫। সংযোগ তার

লজিক অবস্থা :

'0' = 0V

'1' = +5V

বর্তনী সংযোগ : NOT গেটের আইসি সংযোগ চিত্র ১০·৪৩-এ দেখানো হলো।



চিত্র ১০·৪৩

ট্রুথ টেবিল :

ইনপুট A	আউটপুট B
0	1
1	0

কাজের ধারা (Working procedure)

১। পিন সংযোগ অনুযায়ী ট্রেনার বোর্ডের উপর 7404 IC বসাতে হবে।

২। 1নং ও 2নং পিন সুইচ A ও B এর সাথে এবং 7নং পিন এর সাথে ভূমি এবং 14নং পিন এর সাথে +5V সংযোগ দিতে হবে। 3নং পিন ট্রেনার বোর্ডে LED এর সাথে বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।

৩। এবার ট্রুথ টেবিল অনুযায়ী IC সংযোগের ক্ষেত্রে সুইচ-এর অবস্থার পরিবর্তন করে অর্থাৎ অফ-অন করে LED-এর অবস্থা পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

সতর্কতা :

১। সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।

২। 14নং পিন ট্রেনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।

৩। সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

পরীক্ষার নাম পিরিয়ড-১	**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) :

১। ডিজিটাল ট্রেইনার বোর্ড (Digital trainer board) ১টি

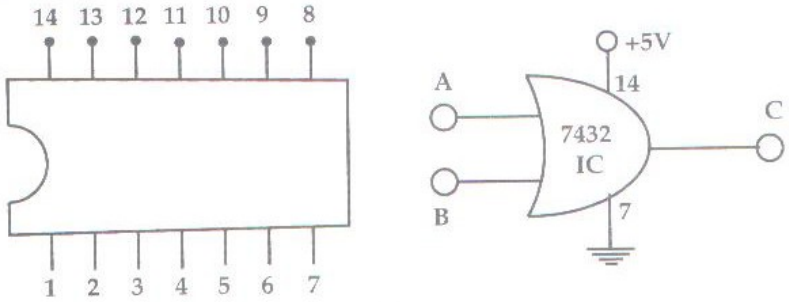
২। 2 ইনপুট OR গেট (7432) আইসি ১টি

৩। LED বাতি

৪। সুইচ

৫। সংযোগ তার।

সংযোগ (Connection) : OR গেটের আইসি সংযোগ নিচের ১০.৪৪নং চিত্রে দেখানো হলো।



চিত্র ১০'৪৪

লজিক অবস্থা :

'0' = 0V
'1' = +5V

ট্রুথ টেবিল (Truth table)

ভোল্টেজ সংযোগ		ইনপুট		আউটপুট	ভোল্টেজ	
A	B	A	B	C	Output	LI
0V	0V	0	0	0	0V	
0V	5V	0	1	1	5V	
5V	0V	1	0	1	5V	
5V	5V	1	1	1	5V	

কাজের ধারা (Working procedure)

১। 7432 আইসি চিত্র ১০'৪৪ এর ন্যায় ট্রেনার বোর্ড বসাতে হবে।

২। 1নং ও 2নং পিন A ও B এর সাথে এবং 7নং পিন এর সাথে ভূমি এবং 14নং পিন এর দিতে হবে। 3নং পিন ট্রেইনার বোর্ডে LED বা ভোল্টমিটারের সাথে সংযোগ দিতে হবে।

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

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

অনুরূপভাবে যথোপযুক্ত আইসি ব্যবহার ও প্রয়োজনীয় বর্তনী সংযোগ দিয়ে NAND এবং ট্রুথ টেবিল যাচাই করা যায়।

সতর্কতা :

১। সকল সংযোগ শক্তভাবে দিতে হবে।

২। 14নং পিন ট্রেনার বোর্ডে +5V এর সাথে যুক্ত করতে হবে।

৩। সুইচ ধীরে ধীরে অফ-অন করতে হবে।

৫। FM ও TV গ্রাহক যন্ত্রে মিশ্রণ ক্রিয়া সম্পাদনে FET ব্যবহৃত হয়।

৬। ক্ষুদ্র আকৃতির জন্য LSI বর্তনী এবং কম্পিউটারের মেমোরীতে FET ব্যবহৃত হয়।

সৌর কোষঃ সৌর কোষ হল সিলিকন দিয়ে তৈরি আলোকসংবেদী p–n জংশন।

Ic এর সুবিধা:

i. সংযোগ সংখ্যা কম হওয়ায় নির্ভরযোগ্যতা বেশি
ii. অত্যন্ত ক্ষুদ্রাকৃতি
iii. অতি উচ্চ তাপমাত্রায় ও অধিক যোগ্যতার কাজ করতে পারে।

Ic এর অসুবিধা:

i. 10W এর বেশি IC তৈরি করা যায় না ii. আবেশক ও ট্রান্সফর্মার হিসেবে ব্যবহার করা যায় না iii. কোন যন্ত্রাংশ নষ্ট হলে সমস্ত চিপ পরিবর্তন করতে হয়।

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

ইনটিগ্রেটেড 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 ঐ চিপের অংশ। IC-তে অনেকগুলো যন্ত্রাংশ যেমন— রোধক, ধারক, ডায়োড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি এবং এদের অন্তঃসংযোগ একটি ক্ষুদ্র প্যাকেজ হিসেবে থাকে, যাতে এরা একটি পূর্ণ ইলেকট্রনিক কার্যাবলি সম্পন্ন করতে পারে। একটি ক্ষুদ্র অর্ধপরিবাহক পদার্থের মধ্যে এসব যন্ত্রাংশ গঠন ও সংযুক্ত করা হয়।

সুবিধা : (১) সংযোগ সংখ্যা কম কিন্তু নির্ভরযোগ্যতা বেশি। (২) অত্যন্ত ক্ষুদ্রাকৃতি। (৩) ওজন কম (৪) কম বিদ্যুতের প্রয়োজন হয়। (৫) দাম কম।

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

প্রয়োজনীয় গাণিতিক সূত্রাবলি

$I_E = I_B + I_C$ ... ...

$\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$ ... ...

গতীয় রোধ, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$ ... ...

প্রবাহ বিবর্ধন গুণক, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ ... ...

প্রবাহ লাভ, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ ... ...

প্রবাহ লাভ এবং প্রবাহ বিবর্ধন গুণক এর মধ্যে সম্পর্ক, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ ... ...

ইলেকট্রনিক সুইচের ক্ষেত্রে বিভব পার্থক্য, $V_{out} = V_{CC} - I_C R_C$ ... ...

পূর্ণ তরঙ্গ একমুখী কারেন্ট, $I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi}$ ... ...

উচ্চতর দক্ষতাসম্পন্ন নমুনা গাণিতিক উদাহরণ

১। রানা তার কলেজের বিজ্ঞান মেলায় প্রোজেক্ট ডিসপ্লে করার জন্য একটি সিরামিক ডায়োডে সম্মুখ ঝোঁক 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 কীরূপ ব্যবস্থা গ্রহণ করা যেতে পারে? বিশ্লেষণ কর।

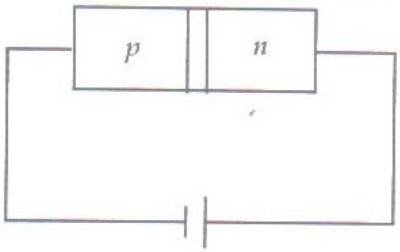
সমাধান : (ক) বিভব পার্থক্য, $\Delta V = (2{\cdot}55 - 2{\cdot}4)$ volt $= 0{\cdot}15$ volt

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

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

$$\therefore \quad R = \frac{0{\cdot}15}{300 \times 10^{-3}} = 0{\cdot}5\ \Omega$$

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



চিত্র অনুযায়ী জাংশনটির p-অঞ্চলে ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে এবং n-অঞ্চলে ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয়। ফলে ব্যাটারীর ঋণাত্মক প্রান্ত p-অঞ্চলের হোলগুলোকে এবং ধনাত্মক প্রান্ত n-অঞ্চলের ইলেকট্রনগুলোকে আকর্ষণ করে বিভব প্রাচীরের প্রস্থ বাড়িয়ে দিবে। n-অঞ্চলের ইলেকট্রন 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 অ্যামপ্লিফায়ার তৈরি করা হলো। বেস-এমিটার জাংশনকে ইনপুট হিসেবে ব্যবহার করা হয়েছে। এতে 0·9V বিভব প্রয়োগ করলে বেস প্রবাহ 10mA এবং 1·1V প্রয়োগ করলে 30 mA পাওয়া যায়। এর কারেন্ট গেইন 75। বর্তনীর লোড রোধ 100Ω এবং বহির্মুখে কালেক্টরকে রাখা আছে।

(ক) ট্রানজিস্টরটিকে অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় কিনা ? ব্যাখ্যা কর।

দেওয়া আছে কারেন্ট গেইন $\beta = 75$

বেস প্রবাহের পরিবর্তন $I_B = (30 - 10)$ mA $= 20$ mA

সংগ্রাহক প্রবাহের পরিবর্তন, $I_C = ?$

গতীয় রোধ, $R = 10\Omega$

লোড রোধ, $R_L = 100\Omega$

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

$$75 = \frac{\Delta I_C}{20\ mA}$$

$$\Delta I_C = 75 \times 20\ mA = 1{\cdot}5 \times 10^3\ mA = 1{\cdot}5\ A$$

ইনপুট বিভব, $V_i = I_B \times$ গতির রোধ

$$= 20\ mA \times 10\Omega$$

$$= 20 \times 10^{-3}\ A \times 10\ \Omega = 0{\cdot}2\ volt$$

বহিঃমুখে বিভব পতন $V_0 = I_0 \times R_L$

$$= 1{\cdot}5\ A \times 100\ \Omega = 150\ volt$$

এখন, $\frac{V_0}{V_i} = \frac{150}{0{\cdot}2} = 750 > 1$

$\therefore\ V_0 > V_i$

বহিঃমুখে বিভব বৃদ্ধি পাবে এবং ট্রানজিস্টরটি অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহারযোগ্য হবে।

৩। একটি কমন বেস সংযোগে থাকা ট্রানজিস্টরের নিঃসারক ও বেস প্রবাহ যথাক্রমে 0·85 এবং 30·05 mA.

(ক) নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

(খ) নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ করা হলে ট্রানজিস্টরটির প্রবাহ লাভের পরিবর্তন গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। [য. বো. ২০১৫]

সমাধান :

(ক) এখানে নিঃসারক প্রবাহ, $I_E = 0{\cdot}85\ mA$

বেস প্রবাহ, $I_B = 0{\cdot}05\ mA$, বিবর্ধন ফ্যাক্টর $\alpha = ?$

আমরা জানি, $\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_E} = \frac{0{\cdot}85 - 0{\cdot}05}{0{\cdot}85} = 0{\cdot}94$

(খ) উদ্দীপকে বর্ণিত অবস্থায় প্রবাহ লাভ,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B} = \frac{0{\cdot}85 - 0{\cdot}05}{0{\cdot}05} = \frac{0{\cdot}80}{0{\cdot}05} = 16$$

নিঃসারক প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে, $I'_E = 2I_E = 2 \times 0{\cdot}85$

বেস প্রবাহ দ্বিগুণ করা হলে, $I'_B = 2I_B = 2 \times 0{\cdot}05 = 0{\cdot}1\ mA$

এক্ষেত্রে প্রবাহ লাভ, $\beta' = \frac{I'_C}{I'_B} = \frac{I'_E - I'_B}{I'_B} = \frac{I'_E}{I_B} - 1 = \frac{1{\cdot}7}{0{\cdot}1} - 1 = 16$

দেখা যায় যে, $\beta' = \beta$

সুতরাং নিঃসারক ও বেস প্রবাহদ্বয় দ্বিগুণ 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 তরঙ্গ রেক্টিফায়ার তৈরি করে পরীক্ষা শুরু করল। কিছুক্ষণ পর সে বর্তনী থেকে একটি ডায়োড খুলে ফেলল। [ব. বো. ২০১৫]

(ক) উদ্দীপকে উল্লেখিত ডায়োডের গতীয় রোধ কত?

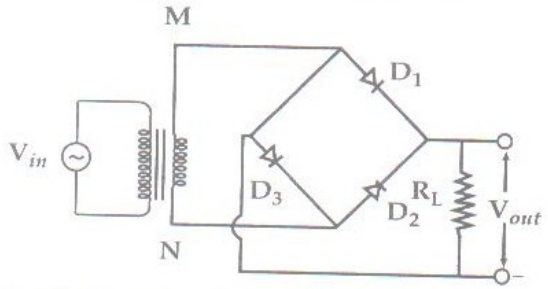
(খ) ডায়োডটি খুলে ফেলার পর আউটপুট সিগন্যালের পরিবর্তন কীরূপ হবে তা সচিত্র বর্ণনা কর।

সমাধান :

(ক) দেওয়া আছে, বিভব পার্থক্যের পরিবর্তন $\Delta V = 0{\cdot}4\ V$, তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন $\Delta I = 100\ mA = 100 \times 10^{-3}\ A$, রোধ, $R = ?$

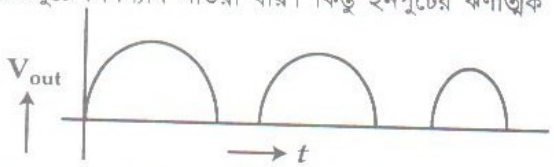
আমরা জানি, $R = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0{\cdot}4\ Volt}{100 \times 10^{-3}} = 4\ \Omega$

(খ) রেকটিফায়ারের 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 MN

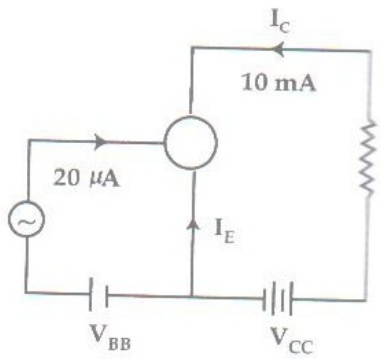
হলে কোনো ডায়োডের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হবে না। ফলে আউটপুটে সিগন্যাল পাওয়া যাবে না। অর্থাৎ রেকটিফায়ারটি একটি অর্ধতরঙ্গ রেকটিফায়ার হিসেবে কাজ করবে। এর আউটপুটে R_L এর বিপরীতে সিগন্যাল নিম্নরূপ হবে।



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।



[রা. বো. ২০১৫]

সমাধান :

(ক) মনে করি প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক = α

সাধারণ নিঃসারক ট্রানজিস্টরটিতে নিঃসারক প্রবাহ I_E হলে,

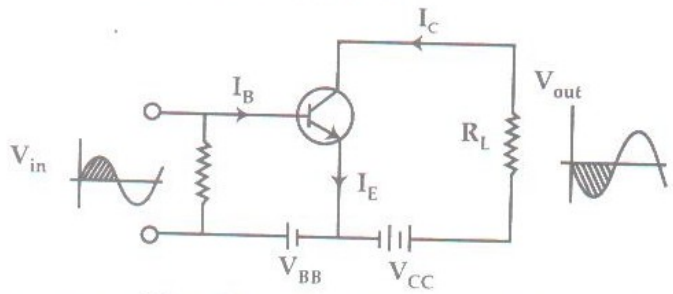
আমরা জানি, $I_E = I_B + I_C$

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

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

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

নিঃসারক পীঠ জাংশানে প্রযুক্ত ইনপুট ভোল্টেজের ধনাত্মক অর্ধচক্রের সময় জাংশনের সম্মুখ ঝোঁক বৃদ্ধি পায়। কিন্তু অন্তর্গামী সংকেতের ঋণাত্মক অর্ধচক্রের জন্য নিঃসারক পীঠ জাংশনের সম্মুখ ঝোঁক হ্রাস পায় অর্থাৎ বিমুখী ঝোঁক বৃদ্ধি পায়। এই অবস্থায় সংগ্রাহক প্রবাহ কমে যায়। ফলে বহির্গামী ভোল্টেজও 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 ঝোঁক প্রাপ্ত হলে ট্রানজিস্টর সুইচের ন্যায় কাজ করবে।

সার-সংক্ষেপ

পরিবাহী : যে সমস্ত পদার্থের ভেতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করতে পারে সেগুলোকে পরিবাহী বলে।

অন্তরক : যে সমস্ত পদার্থের ভেতর দিয়ে তড়িৎ সহজে চলাচল করে না, সেগুলোকে অন্তরক বলে।

অর্ধপরিবাহী : যে সমস্ত পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা পরিবাহী ও অন্তরকের মাঝামাঝি, সেগুলোকে অর্ধপরিবাহী পদার্থ বলে। তাপমাত্রা বাড়ালে এদের তড়িৎ পরিবাহিতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়।

শক্তি ব্যান্ড : কেলাস গঠনে একই কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলোর একটি সুনির্দিষ্ট শক্তিস্তর না হয়ে ব্যান্ডের আকার ধারণ করে। বিভিন্ন কক্ষপথের ইলেকট্রনগুলোর বিভিন্ন ব্যান্ড সৃষ্টি হয়। এসমস্ত ব্যান্ডের সর্বনিম্ন এবং সর্বোচ্চ মানের শক্তির মধ্যবর্তী পাল্লাকে শক্তি ব্যান্ড বলে।

পরিবহন ব্যান্ড : পরমাণুর মুক্ত ইলেকট্রনগুলোর জন্য যে ব্যান্ড বা পাল্লা তৈরি হয় তাকে পরিবহন ব্যান্ড বলে। পরিবহন ব্যান্ডের ইলেকট্রনগুলো বিদ্যুৎ পরিবহনে অংশগ্রহণ করে।

হোল : পরমাণুর বন্ধন থেকে কোনো ইলেকট্রন বিচ্ছিন্ন হলে ঐ অবস্থানে যে শূন্যস্থানের সৃষ্টি হয় তাকে হোল বা গর্ত বলে। এর কার্যকর আধান $+e$, যদিও এটি কোনো বাস্তব কণিকা নয়।

যোজন ব্যান্ড : কোনো পদার্থের মধ্যে যোজ্যতা ইলেকট্রনগুলি যে সমস্ত শক্তি স্তরে থাকে, সেই সকল শক্তি স্তর নিয়ে যে শক্তি ব্যান্ড তৈরি হয় তাকে যোজন ব্যান্ড বলে।

অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী : বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে বিশেষ ধরনের অপদ্রব্যকে সুপরিকল্পিতভাবে মিশালে অর্ধপরিবাহীটির তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা বহুগুণ বৃদ্ধি পায়। একেই অবিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহী বলে।

ডোপ্যান্ট : অর্ধপরিবাহীর সঙ্গে মিশ্রিত অপদ্রবকে ডোপ্যান্ট বলে।

নিষিদ্ধ শক্তি ব্যবধান বা ফাঁক : পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ডের বা যে কোনো দুটি ব্যান্ডের মধ্যবর্তী অঞ্চল যেখানে ইলেকট্রন থাকতে পারে না, তাকে নিষিদ্ধ শক্তি ব্যবধান বা ফাঁক বলে।

বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহী : যে সমস্ত অর্ধপরিবাহীতে ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা সমান থাকে সেগুলোকে বিশুদ্ধ বা সহজাত অর্ধপরিবাহী বলে। এই সমস্ত অর্ধপরিবাহীতে কোনো ভেজাল থাকে না।

n-টাইপ অর্ধপরিবাহী : বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে পঞ্চযোজী মৌল খুব সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত করলে n-টাইপ অর্ধপরিবাহী হয়। এই ধরনের পদার্থে তড়িৎ পরিবহনে ইলেকট্রনই মুখ্য ভূমিকা পালন করে।

p-টাইপ অর্ধপরিবাহী : বিশুদ্ধ 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 : বিশুদ্ধ 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 বিভব প্রাচীর হ্রাস করে তড়িৎ প্রবাহ চালু করে তখন একে সম্মুখবর্তী ঝোঁক প্রয়োগ বলে।

বিপরীত ঝোঁক : ডায়োডে বা জাংশনে বাহ্য ভোল্টেজ প্রয়োগ যদি এমন হয় যে বিভব প্রাচীরের উচ্চতা বৃদ্ধি পায়, তখন একে বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগ বলে।

রেকটিফায়ার : যে ডিভাইস বা কৌশল এসি বা পরিবর্তি 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 মাঝখানে অত্যন্ত পাতলা এবং খুবই হাল্কা ডোপিং সমৃদ্ধ যথাক্রমে একটি n-টাইপ বা একটি p-টাইপ অর্ধপরিবাহী সংযুক্ত করে p-n-p এবং n-p-n ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়।

অ্যাম্প্লিফায়ার : এটি এক ধরনের ইলেকট্রনিক ডিভাইস বা কৌশল যার ইনপুট বর্তনীতে দুর্বল 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— আঙ্গুল, হাত, ডিজিট (0, 1, 2 .....) ইত্যাদি। এই এককগুলি এককভাবে বা গুচ্ছাকারে ব্যবহার করে কোনো পূর্ণসংখ্যা প্রকাশ করা যায়।

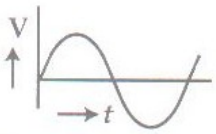
লজিক গেট : লজিক গেট একটি ইলেকট্রনিক্স বর্তনী যা যৌক্তিক সিদ্ধান্ত নিতে পারে। এর একটি আউটপুট এবং এক বা একাধিক ইনপুট প্রান্ত থাকে। ইনপুট সিগনালের নির্দিষ্ট সমন্বয়ের জন্য আউটপুট সিগনাল আবির্ভূত হয়।

জেনার ডায়োড : এটি জেনার ভোল্টেজে ক্রিয়াশীল বিশেষ ধরনের ডায়োড, স্থির মানের ডি. সি. ভোল্টেজ পাওয়ার জন্য পাওয়ার সাপ্লাইতে ব্যবহার করা হয়। জেনার ডায়োড বিপরীত ঝোঁকে 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। পূর্ণতরঙ্গ রেকটিফায়ারে আউটপুট পাওয়া যায় ইনপুটের পূর্ণচক্রের জন্য।
৩। জেনার ভোল্টেজ পাওয়া যায় রিভার্স বায়াসে।
৪। I_C এবং I_E লেখচিত্রের ঢাল হলে—α।
৫। বাইনারিতে 0 দিয়ে ভাগ করলে—অর্থহীন বলে।
৬। অর্ধপরিবাহীতে শক্তির ব্যবধান 1 eV।
৭। NOT গেইটের ক্ষেত্রে ইনপুট হাই হলে আউটপুট লো হয়।
৮। কার্বন হলো অন্তরক পদার্থ।
৯। AND গেইটের সকল ইনপুট 1 হলেই আউটপুট কেবলমাত্র 1 হয়।
১০। বাইনারি পদ্ধতিতে লজিক অবস্থা 2টি।
১১।

হলো ডিজিটাল সিগন্যাল এবং 

হলো অ্যানালগ সিগনাল।
১২। বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীতে ভেজাল মিশ্রণ করে পরিবাহিতা বৃদ্ধি করা যায়।
১৩। বাইনারি পদ্ধতিতে চার ডিজিটের সর্বোচ্চ 15টি নম্বর দেওয়া যাবে।
১৪। অর্ধপরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ 10^{-4} Ω-m ক্রমের।
১৫। পরিবহন ব্যান্ড ও যোজন ব্যান্ড এর মধ্যবর্তী নিষিদ্ধ অঞ্চলে ইলেকট্রন থাকতে পারে না।
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, ধনাত্মক চার্জযুক্ত, যোজন ব্যান্ড সৃষ্টি করে।
১৯। যোজন ব্যান্ডের শক্তি পাল্লার মধ্যে (i) যোজন ইলেকট্রন অবস্থান করে (ii) পরমাণু সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন থাকে।

২০। ট্রানজিস্টর আবিষ্কারের জন্য 1956 সালের নভেম্বরে ব্রাইটেন 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। বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতির বেস 2।
২৪। অকটাল 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 গেইটকে সংক্ষেপে XOR বলে। NOT গেইটের আউটপুটে সর্বদা ইনপুটের বিপরীত হয়। একটি ইনপুট একটি আউটপুট থাকে NOT গেইটের।
২৮। OR গেইট এবং NOT গেট যুক্ত করলে NOR গেইট হয়। দুটি মৌলিক গেইট AND এবং NOT গেইট যুক্ত করে NOT গেইট তৈরি করা হয়।
২৯। NOR গেইটের 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 $F = \overline{X.Y}$
৩০। OR গেইটে—
(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 HD74LSO8P, HD7404P, HD7402P, HD742SOOP হলো বিভিন্ন মানের সমন্বিত বর্তনী।
৩২। OR গেটের আউটপুট ইনপুটের যৌক্তিক তাৎপর্যের সমান।
৩৩। ট্রানজিস্টর বায়াসিং এ বেস-এমিটার সম্মুখ ঝোঁক এবং কালেক্টর এমটার বিপরীত ঝোঁকে সংযোগ দেওয়া হয়।

অনুশীলনী

(ক) বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। সেমিকন্ডাক্টরে পরিবাহিতার জন্য দায়ী কোনটি ?
ⓚ হোল
ⓛ মুক্ত ইলেকট্রন
ⓜ মুক্ত ইলেকট্রন ও হোল
ⓝ মুক্ত ইলেকট্রন ও প্রোটন

২। একটি অর্ধপরিবাহীতে যদি ইলেকট্রন ও হোলের সংখ্যা যথাক্রমে n_e ও n_p হয় তাহলে ইনট্রিনসিক অর্ধপরিবাহীতে—
ⓚ $n_e = n_p$
ⓛ $n_e < n_p$
ⓜ $n_e > n_p$
ⓝ কোনোটিই নয়

৩। নিম্নলিখিত অর্ধপরিবাহীর ক্ষেত্রে—
(i) n-টাইপ অর্ধপরিবাহীর গরিষ্ঠ বাহক ইলেকট্রন
(ii) p-টাইপ অর্ধপরিবাহীর গরিষ্ঠ বাহক হোল
(iii) বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীর গরিষ্ঠ বাহক হোল
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓛ ii ও iii
ⓜ i ও iii
ⓝ i, ii ও iii

৪। নিচের কোন পদার্থটি অন্তরক ?
ⓚ সিলিকন
ⓛ লোহা
ⓜ সিরামিক
ⓝ বিসমাথ

৫। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে—
(i) অর্ধপরিবাহীর রোধ বাড়ে
(ii) অর্ধপরিবাহীর রোধ কমে
(iii) পরিবাহীর পরিবাহকত্ব কমে
নিচের কোনটি সঠিক ?
ⓚ i ও ii
ⓛ i ও iii
ⓜ ii ও iii
ⓝ i, ii ও iii

৬। একটি অর্ধপরিবাহীর যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ডের মধ্যে শক্তির ব্যবধান প্রায়—
ⓚ 1 eV
ⓛ 15 eV
ⓜ 25 eV
ⓝ 50 eV

৭। পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকরণের ক্ষেত্রে সাধারণ দুই ডায়োড রেকটিফায়ার অপেক্ষা ব্রীজ রেকটিফায়ার বেশি উপযোগী কারণ—
- ⓚ এতে চারটি ডায়োড ব্যবহৃত হয়
- ⓚ এর ট্রান্সফরমারে সেন্টার ট্যাপ নেই
- ⓖ একই আউটপুটের জন্য ছোট ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা যায়।
- ⓖ এতে উচ্চ সতর্ক বিষয় (factor) জড়িত

৮। জাংশন ডায়োড সাধারণত কি কাজে ব্যবহার করা হয় ?
- (ক) রেকটিফায়ার
- (খ) সুইচ হিসেবে
- (গ) বিবর্ধক
- (ঘ) স্পন্দক হিসেবে

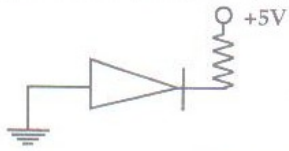
৯। নিচের কোন ডায়োডটি রিভার্স বায়াসে ?

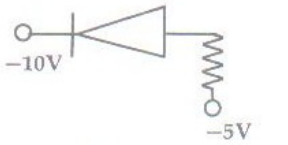
(ক)

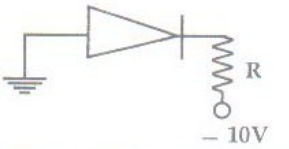
(খ)

(গ)

(ঘ)







১০। দিক পরিবর্তী প্রবাহকে একমুখী প্রবাহে রূপান্তরিত করে—
- (ক) ডায়োড
- (খ) ট্রানজিস্টর
- (গ) রেকটিফায়ার
- (ঘ) অ্যামপ্লিফায়ার

১১। 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

১২। একটি p–টাইপের অর্ধপরিবাহী তৈরি করার জন্য বিশুদ্ধ সিলিকনকে যে অপদ্রব্য পরমাণু দিয়ে ডোপিং করা হয়, সেটি হলো—
- (ক) ফসফরাস
- (খ) কার্বন
- (গ) অ্যান্টিমনি
- (ঘ) অ্যালুমিনিয়াম

১৩। একটি একমুখীকারক রূপান্তরিত করে—
- (ক) যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে
- (খ) আলোক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে
- (গ) *ac*-কে *dc*-তে
- (ঘ) *dc*-কে *ac*-তে

১৪। $I_b = 0{\cdot}05\,\text{mA}$, $I_c = 2\,\text{mA}$ হলে, β = ?
- (ক) 40
- (খ) 50
- (গ) 0·04
- (ঘ) 0·2

১৫। একটি ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে $\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = 0{\cdot}96$ হলে প্রবাহ লাভ (current gain) β-এর মান হলো—
- (ক) 6
- (খ) 12
- (গ) 24
- (ঘ) 48

১৬। কমন এমিটার অ্যামপ্লিফায়ারে ইনপুট ও আউটপুট সিগনালের মধ্যকার দশা পার্থক্য—
- (ক) 0° [রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]
- (খ) 90°
- (গ) 180°
- (ঘ) 270°

১৭। 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

১৮। একটি ট্রানজিস্টরের মূল ব্যবহার হলো—
- (ক) একমুখীকারক হিসেবে
- (খ) বিবর্ধক হিসেবে
- (গ) স্পন্দক হিসেবে
- (ঘ) ইলেকট্রন হোলের উৎস হিসেবে

১৯। 0·3789 সংখ্যাটির সব থেকে কম তাৎপর্যপূর্ণ সংখ্যা হলো—
- (ক) 3
- (খ) 7
- (গ) 8
- (ঘ) 9

২০। বুলিয়ান বীজগণিত অনুযায়ী $\overline{0}$-এর মান কত ?
- (ক) 0
- (খ) 1
- (গ) $\overline{1}$
- (ঘ) −1

২১। 4 বিট নাম্বারে সর্বোচ্চ সংখ্যা কত ?
ক 16
খ 15
গ 12
ঘ 9

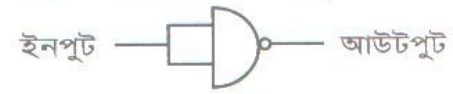
২২। 89 দশমিক সংখ্যাটির বাইনারি সংখ্যা হবে—
ক 101111
খ 101010
গ 1011001
ঘ 110011

২৩। বাইনারি পদ্ধতিতে লজিক অবস্থা কয়টি ?
ক একটি
খ দুটি
গ তিনটি
ঘ চারটি

২৪। মৌলিক লজিক গেট হলো—
(i) AND
(ii) NOR
(iii) OR
নিচের কোনটি সঠিক ?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

২৫। কোন গেটের ইনপুট 1 হলে আউটপুট 0 হয় ?
ক X NOR gate
খ NOT gate
গ XOR gate
ঘ OR gate

২৬। চিত্রের গেটটি কোন গেটের সমতুল ?

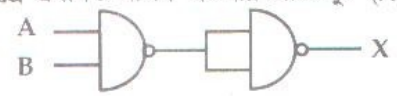


ক NAND গেটের
খ NOT গেটের
গ AND গেটের
ঘ NOR গেটের

২৭। $22A_{16}$-কে বাইনারিতে রূপান্তর করলে পাওয়া যায়—
ক 001000101010_2
খ 010001001010_2
গ 001001001010_2
ঘ 001010010010_2

২৮। 206_8-কে ডেসিমেলে রূপান্তর করলে পাওয়া যায়—
ক 334
খ 356
গ 134
ঘ 524

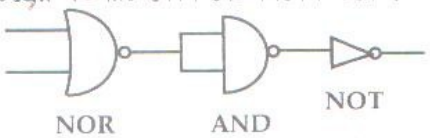
২৯। চিত্রে প্রদর্শিত লজিক বর্তনীর আউটপুট (X) হবে—



ক $X = A . B$
খ $X = \overline{A + B}$
গ $X = \overline{A} . \overline{B}$
ঘ $X = \overline{A . B}$

৩০। বাইনারি সংখ্যা 10111-এ তুল্য দশমিক মান—
ক 19
খ 31
গ 23
ঘ 22

৩১। চিত্রের বর্তনীটি কোন গেট নির্দেশ করে ?



ক NOR গেট
খ OR গেট
গ AND গেট
ঘ NAND গেট

৩২। নিচের ট্রুথ টেবিলটি কোন গেটের ?

A	B	C
0	1	1
1	0	1
1	1	0
0	0	1

ক AND গেটের
খ NOR গেটের
গ NAND গেটের
ঘ OR গেটের

৩৩। PN জাংশন ডায়োড ব্যবহার করা যায়— [দি. বো. ২০১৫]
(i) বিবর্ধক হিসেবে
(ii) একমুখীকারক হিসেবে
(iii) ভোল্টেজ স্থিতিস্থাপক হিসেবে
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

৩৪। ডায়োডকে বিমুখী বায়াস করলে নিঃশেষিত স্তর— [চ. বো. ২০১৫]
ক হ্রাস পায়
খ একই থাকে
গ বৃদ্ধি পায়
ঘ বিলুপ্ত হয়

৩৫। n-type অর্ধপরিবাহীর জন্য আধান বাহক হিসেবে নিচের কোনটি সঠিক?

	সংখ্যাগুরু বাহক	সংখ্যালঘু বাহক
ক	হোল	ইলেকট্রন
খ	ইলেকট্রন	হোল
গ	হোল	হোল
ঘ	ইলেকট্রন	ইলেকট্রন

৩৬। p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে অপদ্রব্য হিসেবে থাকে—
ক দ্বিযোজী মৌল
খ ত্রিযোজী মৌল
গ চতুর্যোজী মৌল
ঘ পঞ্চযোজী মৌল

৩৭। নিচের কোন গেইটটি AND এবং NOT গেইটের সমন্বয়ে তৈরি? [চ. বো. ২০১৫]
ক NAND
খ X-OR
গ NOR
ঘ OR

৩৮। AND গেইট ব্যবহৃত হয়—
ক যৌক্তিক যোগের জন্য
খ যৌক্তিক গুণের জন্য
গ যৌক্তিক পূরকের জন্য
ঘ যৌক্তিক ভাগের জন্য

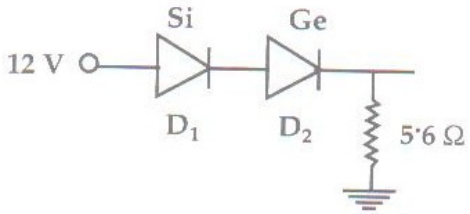
৩৯। কোনটি মৌলিক গেইট নয়? [ব. বো. ২০১৫; রা. বো. ২০১৫]
ক OR
খ AND
গ NAND
ঘ NOT

৪০।

ওপরের গেইট বর্তনীতে X = A হলে, Y = ? [য. বো. ২০১৫]
ক A
খ 0
গ 1
ঘ $\bar{A}$

৪১। X-NOR gate এর আউটপুট 1 হবে যখন ইনপুট দুটি হবে [দি. বো. ২০১৫]
(i) 0 এবং 0
(ii) 1 এবং 1
(iii) 1 এবং 0
নিচের কোনটি সঠিক?
ক i ও ii
খ i ও iii
গ ii ও iii
ঘ i, ii ও iii

উদ্দীপকের আলোকে ৪২ ও ৪৩ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



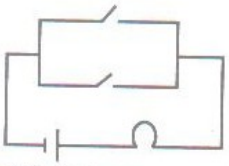
চিত্রে Si ও Ge ডায়োড দুটির নী ভোল্টেজ যথাক্রমে 0·7 V এবং 0·3V [রা. বো. ২০১৫]

৪২। 5·6 k Ω রোধের মধ্য দিয়ে কত তড়িৎ প্রবাহিত হবে?
ক 0·47 mA
খ 0·5 mA
গ 1·96 mA
ঘ 2·14 mA

৪৩। উদ্দীপকে Ge ডায়োডটিকে উল্টো করে সংযোগ দিলে রোধটির দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য পূর্বাপেক্ষা
ক কমবে
খ সসীম সীমায় বাড়বে
গ শূন্য হবে
ঘ সসীম হবে

৪৪। বাইনারি নম্বর $(1011)_2$ এর ডেসিমেল নম্বর কোনটি? [রা. বো. ২০১৫; ব. বো. ২০১৫]
ক $(22)_{10}$
খ $(23)_{10}$
গ $(18)_{10}$
ঘ $(30)_{10}$

৪৫।



চিত্রটি কোন গেইট নির্দেশ করে? [ঢা. বো. ২০১৫]
ক NOT গেইট
খ NOR গেইট
গ AND গেইট
ঘ OR গেইট

৪৬। হেক্সাডেসিমেল 'C' এর বাইনারি হলো— [ঢা. বো. ২০১৫]
ক 1001
খ 1100
গ 1010
ঘ 1110

৪৭। p টাইপ অর্ধপরিবাহীতে হোলের সংখ্যা n_p এবং ইলেকট্রন সংখ্যা n_e হলে, অতি উচ্চ তাপমাত্রায় নিচের কোনটি সঠিক ?

ⓚ $n_p > n_e$
ⓚ $n_p = n_e$
ⓖ $n_p < n_e$
ⓖ $n_p = n_e$

৪৮। 15 এর সমতুল্য অকটাল ও হেক্সাডেসিমেল সংখ্যা কোনটি ?

ⓚ 17 এবং F
ⓚ 16 এবং F
ⓖ 16 এবং D
ⓖ 15 এবং C

৪৯। সকল সংখ্যা পদ্ধতিতে আছে এমন প্রতীক কয়টি?

ⓚ 2
ⓚ 8
ⓖ 10
ⓖ 16

নিচের উদ্দীপকটি পড় এবং ৫০ ও ৫১নং প্রশ্নের উত্তর দাও:

$A = (101101)_2$, $B = (101)_2$ এবং $C = (110111)_2$

৫০। (i) $A + C = (1100100)_2$
(ii) $A/B = (1001)_2$
(iii) $C - A = (101010)_2$
নিচের কোনটি সঠিক?

ⓚ i ও ii
ⓚ i ও iii
ⓖ ii ও iii
ⓖ i, ii ও iii

৫১। বাইনারিতে $A \times C$ নিচের কোনটি ?

ⓚ $(111110101011)_2$
ⓚ $(110110101011)_2$
ⓖ $(100111101011)_2$
ⓖ $(100110101011)_2$

উত্তর :

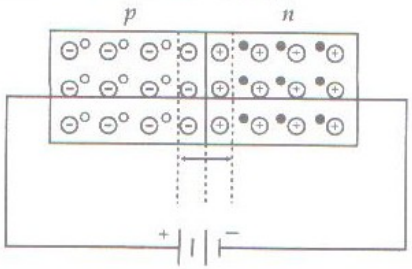
১। গ	২। ক	৩। ক	৪। গ	৫। গ	৬। ক	৭। ক	৮। ক	৯। খ	১০। গ
১১। খ	১২। ঘ	১৩। গ	১৪। ক	১৫। গ	১৬। গ	১৭। ক	১৮। খ	১৯। ঘ	২০। খ
২১। ক	২২। গ	২৩। খ	২৪। খ	২৫। খ	২৬। ক	২৭। ক	২৮। গ	২৯। ক	৩০। গ
৩১। ক	৩২। ঘ	৩৩। গ	৩৪। গ	৩৫। খ	৩৬। খ	৩৭। ক	৩৮। খ	৩৯। গ	৪০। ঘ
৪১। ক	৪২। গ	৪৩। গ	৪৪। খ	৪৫। ঘ	৪৬। খ	৪৭। খ	৪৮। ক	৪৯। ক	৫০। ক
৫১। ঘ									

(খ) সৃজনশীল প্রশ্ন

১। রফিক এবং শফিক দুই বন্ধু বিভিন্ন ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রাংশ যেমন ডায়োড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি নিয়ে বিভিন্ন আলোচনা করছিল। রফিক বলল যে, একটি বিবর্ধক তৈরি করার জন্য সে বাজার থেকে BD135নং ট্রানজিস্টর (pnp) কিনে এনেছে। ম্যানুয়ালে লেখা আছে $I_B = 60\ \mu A$, $I_C = 200\ mA$ এবং $I_E = 206\ mA$।

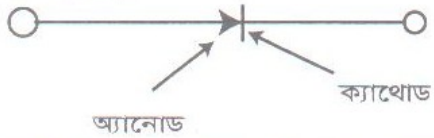
(ক) এক্সট্রিনসিক অর্ধপরিবাহী কাকে বলে ?
(খ) একটি ট্রানজিস্টর কীভাবে সুইচ হিসেবে কাজ করে ব্যাখ্যা কর।
(গ) উদ্দীপকে বর্ণিত ট্রানজিস্টরের প্রবাহ বিবর্ধন গুণক (β) এবং প্রবাহ লাভ (α) নির্ণয় কর।
(ঘ) বর্ণিত ট্রানজিস্টর দিয়ে বিবর্ধক তৈরি সম্ভব কিনা ? সচিত্র ব্যাখ্যা কর এবং এক্ষেত্রে দশা পরিবর্তন ঘটবে কিনা তা গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

২। নিচের চিত্রে p–n জাংশনে বাহ্য ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়েছে।



(ক) p–n জাংশন কী?
(খ) নিঃশেষিত অঞ্চল কিভাবে সৃষ্টি হয়?
(গ) প্রদত্ত p–n জাংশনে 0·2V বিভব পার্থক্য পরিবর্তনের জন্য 5mA বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের রোধ কত?
(ঘ) উদ্দীপকের p–n জাংশনের মধ্য দিয়ে ভোল্টেজ পরিবর্তনের সাথে প্রবাহ মাত্রার পরিবর্তন লেখচিত্রের সাহায্যে বিশ্লেষণ কর।

৩। নিচের চিত্রে একটি p–n জাংশন ডায়োডের প্রতীক চিহ্ন দেখানো হয়েছে।



(ক) অর্ধ পরিবাহী ডায়োড কী ?

(খ) সম্মুখবর্তী বায়াস ও বিপরীতমুখী বায়াস বলতে কী বুঝ ?

(গ) কোনো p–n জাংশনে 0·1V বিভব পার্থক্য পরিবর্তনের জন্য 350 mA আনুষঙ্গিক তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের গতীয় রোধ কত?

(ঘ) জাংশনের প্রাপ্ত গতীয় রোধ এর বিভব পার্থক্য 0·2V পরিবর্তন করলে অনুষঙ্গিক তড়িৎ প্রবাহের কী পরিবর্তন হবে ? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর।

৪। পলাশ ও শিমুল দুই বন্ধু বুয়েটের ট্রিপল ই. বিভাগের ছাত্র। তারা সংকেত বিবর্ধনের বর্তনী তৈরি করে পরীক্ষা করছিল। পলাশ ইনপুট 0·85 mA সংকেত প্রয়োগ করে দেখল আউটপুট 0·82 mA মানের সংকেত পাওয়া যায়। সংকেত বিবর্ধন না হওয়ায় শিমুল এর সমাধান দেয়।

(ক) বাইনারি সংখ্যা পদ্ধতি কী ?

(খ) তাপমাত্রার পরিবর্তন সাপেক্ষে অর্ধপরিবাহী ও পরিবাহীর রোধের মধ্যে ভিন্নতা কীরূপ দেখা যায় ?

(গ) উদ্দীপকের বর্ণনা মতে প্রবাহ বিবর্ধন গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

(ঘ) পলাশের কী ভুল ছিল ? শিমুল কীভাবে এর সমাধান দিয়েছিলেন ? বর্তনীসহ বিশ্লেষণ কর।

৫। জনৈক শিক্ষক ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স ক্লাসে হেক্সাডেসিমাল ও বাইনারি সংখ্যা নিয়ে আলোচনা করছিলেন। তিনি ব্ল্যাক বোর্ডে $177·625_{10}$, $EACF_{16}$ এবং $2D7_{16}$ লিখে এ বিষয়ে কথা বলছিলেন।

(ক) NAND গেইট থেকে OR গেইট কীভাবে পাওয়া যায় ?

(খ) হোলের চেয়ে মুক্ত ইলেকট্রনের শক্তি বেশি থাকে কেন ?

(গ) উদ্দীপকে প্রদত্ত দশমিক সংখ্যাটিকে বাইনারি সংখ্যায় রূপান্তর কর। যে দশমিক সংখ্যা প্রদত্ত সংখ্যা হতে 878·51564 পরিমাণ বেশি, সেটিকে অকটাল সংখ্যায় রূপান্তর কর।

(ঘ) $FACF_{16}$ সংখ্যার সাথে $2D7_{16}$ সংখ্যার যোগাফল বাইনারিতে রূপান্তর সম্ভব কী ? গাণিতিক মতামত দাও।

(গ) সাধারণ প্রশ্ন

১। অর্ধপরিবাহী বলতে কী বোঝ ?

২। পরিবাহী, অন্তরক ও অর্ধপরিবাহীর দুটি করে উদাহরণ দাও।

৩। যোজন ব্যান্ড ও পরিবহন ব্যান্ড বলতে কী বোঝ ? ব্যান্ড তত্ত্বের আলোকে পরিবাহী, অপরিবাহী এবং অর্ধপরিবাহী পদার্থ আলোচনা কর।

৪। নিষিদ্ধ ব্যান্ড কী ? অর্ধপরিবাহীর বৈশিষ্ট্যগুলি লিখ।

৫। ডোপিং বলতে কী বোঝ ? n-টাইপ অর্ধপরিবাহী কীভাবে তৈরি করবে ?

৬। ইনট্রিনসিক এবং এক্সট্রিনসিক অর্ধপরিবাহীর মধ্যে পার্থক্যগুলি লিখ।

৭। হোল কাকে বলে ? কীভাবে এর উৎপত্তি হয় ?

৮। ব্যান্ড তত্ত্বের সাহায্যে অর্ধপরিবাহীর তড়িৎ পরিবাহিতা ব্যাখ্যা কর।

৯। একটি স্বকীয় অর্ধপরিবাহীর শক্তি ব্যান্ড চিত্র অঙ্কন কর।

১০। n-টাইপ ও p-টাইপ অর্ধপরিবাহী কী ? প্রত্যেকটি একটি করে উদাহরণ দাও।

১১। একটি বিশুদ্ধ অর্ধপরিবাহীকে কীভাবে n-টাইপ ও p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে রূপান্তরিত করা যায় তা ব্যাখ্যা কর।

১২। কেন একটি একমুখীকারক বর্তনীতে জারমেনিয়াম ডায়োডের তুলনায় সিলিকন ডায়োড ভালো ?

১৩। অর্ধপরিবাহী ডায়োডের সম্মুখবর্তী বায়াসের ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্যমূলক লেখ অঙ্কন কর।

১৪। n-টাইপ ও p-টাইপ অর্ধপরিবাহীর কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর।

১৫। p–n সংযোগ ডায়োড কী ?

১৬। রেক্টিফায়ার বলতে কি বোঝ ? ডায়োড দ্বারা রেকটিফিকেশনের কৌশল আলোচনা কর।

১৭। শক্তি ব্যান্ড চিত্রের সাহায্যে একটি ধাতুর সঙ্গে অন্তরকের পার্থক্য কর।

১৮। n-টাইপ ও p-টাইপ অর্ধপরিবাহীতে আধান বাহকের প্রকৃতি কী ?

১৯। নিঃশেষিত অঞ্চলে কী ধরনের বাহক থাকে ?

২০। p–n সংযোগের নিঃশেষিত অঞ্চল কী ?

২১। একটি p–n সংযোগ ডায়োডযুক্ত অর্ধতরঙ্গ একমুখীকারকের বর্তনী চিত্র অঙ্কন কর।

২২। কী ধরনের বায়াসে অর্ধপরিবাহী ডায়োডের রোধ খুব বেশি হয় ?

২৩। একটি তড়িৎ বর্তনীর চিত্র দেখে কীভাবে বুঝবে ট্রানজিস্টরটি n–p–n না p–n–p ?

২৪। ট্রানজিস্টর কত ধরনের ? ট্রানজিস্টরের মূল কাজ কী ?

২৫। একটি p–n–p ও n–p–n ট্রানজিস্টারের বর্তনী প্রতীক আঁক।

২৬। n–p–n ট্রানজিস্টর ব্যবহার করে একটি সাধারণ নিঃসারক বিবর্ধকের বর্তনী চিত্র আঁক এবং লেখচিত্রের মাধ্যমে ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজ দেখাও।

২৭। একটি ট্রানজিস্টরের α ও β–এর সংজ্ঞা দাও। এদের মধ্যে সম্পর্ক কী ?

২৮। কী শর্তে অর্ধপরিবাহী ডায়োড খোলা সুইচের মতো আচরণ করে ?

২৯। ট্রানজিস্টর সুইচ বলতে কী বোঝ ?

৩০। ট্রানজিস্টর দ্বারা কিভাবে তরঙ্গ বিবর্ধন করা যায় ?

৩১। n-p-n ট্রানজিস্টরের ক্রিয়ানীতি আলোচনা কর।

৩২। p–n সংযোগকে অর্ধপরিবাহী ডায়োড বলা হয় কেন ?

৩৩। ট্রানজিস্টরের নিঃসারক প্রবাহ (I_E), সংগ্রাহক প্রবাহ (I_C) ও ভূমি প্রবাহ (I_B)-এর মধ্যে সম্পর্ক কী ?

৩৪। একটি p–n সংযোগ ডায়োডমুক্ত পূর্ণ তরঙ্গ একমুখীকারকের বর্তনী চিত্র অঙ্কন কর।

৩৫। নম্বর পদ্ধতি কী ?

৩৬। ডেসিমাল নম্বর পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

৩৭। বাইনারি নম্বর পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

৩৮। ডেসিমাল নম্বর থেকে কীভাবে বাইনারি নম্বরে পরিবর্তন করবে—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

৩৯। উদাহরণসহ বাইনারি থেকে ডেসিমাল রূপান্তর বর্ণনা কর।

৪০। অক্টাল পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

৪১। হেক্সডেসিমাল কী ? একটি বাইনারি সংখ্যাকে কীভাবে হেক্সডেসিমাল নম্বরে পরিবর্তন করবে ?

৪২। 56_{10} ও 75_8 সংখ্যা দুটির মধ্যে কোনটি বৃহত্তর ?

৪৩। 17 দশমিক সংখ্যাটি বাইনারি পদ্ধতিতে কত ?

৪৪। 10011 বাইনারি সংখ্যাটি দশমিক পদ্ধতিতে কত ?

৪৫। পূর্ণ সংখ্যা বা ভগ্নাংশ প্রকাশের (i) দশমিক পদ্ধতি ও (ii) বাইনারি পদ্ধতি উদাহরণসহ বুঝিয়ে দাও।

৪৬। পূর্ণ সংখ্যার ক্ষেত্রে (i) দশমিক থেকে বাইনারীতে এবং (ii) বাইনারি থেকে দশমিকে রূপান্তরের একটি করে উদাহরণ দাও।

৪৭। দশমিক থেকে বাইনারি এবং হেক্সাডেসিমালে রূপান্তরের নিয়মগুলি লিখ।

৪৮। লজিক গেট কী ? OR, AND, NOT গেট কোন ধরনের গাণিতিক ফাংশন করে ?

৪৯। NOT গেটের সংজ্ঞা দাও এবং ট্রুথ টেবিল ব্যাখ্যা কর।

৫০। OR গেটের সংজ্ঞা দাও এবং ট্রুথ টেবিল ব্যাখ্যা কর।

৫১। AND গেটের সংজ্ঞা দাও এবং ট্রুথ টেবিল ব্যাখ্যা কর।

৫২। OR, AND এবং NOT গেটকে মৌলিক লজিক গেট কেন বলা হয় ?

৫৩। OR, AND এবং NOT গেটের প্রতীকগুলোর চিত্র আঁক।

৫৪। NOR এবং NAND গেটের বুলিয়ান বীজগাণিতিক সমীকরণগুলি লিখ।

৫৫। একটি OR গেটকে কীভাবে একটি AND গেটে রূপান্তরিত করবে ?

৫৬। OR, AND, NOT গেটের ট্রুথ টেবিল বর্ণনা কর।

৫৭। শুধুমাত্র (i) NOR গেট বা (ii) NAND গেট ব্যবহার করে কীভাবে মৌলিক গেটগুলি তৈরি করবে ?

৫৮। লজিক প্রতীক ও ট্রুথ টেবিল দেখাও : (i) OR গেট, (ii) AND গেট (iii) NOT গেট।

(ঘ) ক্রিয়াকর্ম

ট্রানজিস্টর দিয়ে একটি ক্লাসে বন্ধুদের নিয়ে ৪-৫টি গ্রুপ তৈরি কর। অ্যামপ্লিফায়ার তৈরি কর এবং ক্লাসে সেই অ্যামপ্লিফায়ার দিয়ে মাইক্রোফোন ব্যবহার করে প্রদর্শন কর। সব চেয়ে ভালো যন্ত্রটির নির্মাণ কৌশল প্রত্যেক গ্রুপের নির্মিত যন্ত্রের সাথে তুলনা করে শ্রেণিকক্ষে শিক্ষক তার ব্যাখ্যা দিবেন।

(ঙ) কাজ (গাণিতিক সমস্যা)

১। কোনো p–n জাংশনে 0·2V বিভব পার্থক্য পরিবর্তনের জন্য 5mA বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের রোধ বের কর। [উত্তর : 40Ω]

২। কোনো p–n জাংশনে 1·1 V বিভব পার্থক্য প্রয়োগ করে বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া গেল 25 mA এবং বিভব পার্থক্য 1·3 V প্রয়োগ করে বিদ্যুৎ প্রবাহ 42 mA পাওয়া গেল। জাংশনের গতীয় রোধ বের কর। [উত্তর : 11·9Ω]

৩। একটি ট্রানজিস্টরের জন্য $\alpha = 0·95$ এবং $I_E = 1$ mA হলে, I_C এবং I_B-এর মান বের কর।
[উত্তর : $I_C = 0·95$ mA , $I_B = 0·05$ mA]

৪। একটি ট্রানজিস্টর বর্তনীতে নিম্নলিখিত মান পাওয়া গেল : $I_E = 2$ mA, $I_B = 20\,\mu$A.
α এবং I_C-এর মান বের কর। [উত্তর : $I_C = 1·98$ mA ; $\alpha = 0·99$]

৫। কোনো p–n জাংশনে 0·1V বিভব পার্থক্য পরিবর্তনের জন্য 350 mA আনুষঙ্গিক তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন পাওয়া গেল। জাংশনের গতীয় রোধ কত ? [উত্তর : 0·29 Ω]

৬। কোনো ট্রানজিস্টর $I_C = 0·99$ m A এবং $I_E = 1·04$ m A হলে এর কারেন্ট বিবর্ধক গুণক α কত ?
[উত্তর : $\alpha = 0·95$]

৭। একটি কমন এমিটার ট্রানজিস্টরে $\Delta I_B = 0·03$ m A এবং $\Delta I_C = 1·2$ m A হলে এর কারেন্ট বিবর্ধক গুণক β কত ? [উত্তর : $\beta = 40$]

৮। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টরে এমিটার কারেন্ট 3·1 mA পরিবর্তনের জন্য 2·6 mA কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন ঘটলে, কারেন্ট গেইন ফ্যাক্টর (α) এর মান বের কর। [সি. বো. ২০১০] [উত্তর : 0·839]

৯। একটি কমন বেস ট্রান্সজিস্টরে এমিটার, কারেন্ট 2·1 mA এবং কালেক্টর কারেন্ট 1·8 mA হলে বেস কারেন্টের মান বের কর। [উত্তর : 0·3 mA]

১০। একটি কমন এমিটার বিবর্ধক ট্রানজিস্টরের জন্য $\beta = 100$, এবং $I_B = 50\mu$A হলে, α, I_C এবং I_E এর মান বের কর। [কু. বো. ২০১১; রা. বো. ২০০৯] [উত্তর : $\alpha = 0·99$; $I_C = 5$ mA; $I_E = 5·05$ mA]

১১। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টরের নিঃসারক প্রবাহ 1·5 mA এবং সংগ্রাহক প্রবাহ 1·45 mA হলে ভূমি প্রবাহের মান নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·05 mA]

১২। নিঃসারক প্রবাহের 10·0 mA পরিবর্তন সংগ্রাহক প্রবাহের 7·2 mA পরিবর্তন ঘটায়। এ জন্য পীঠ প্রবাহের কতটুকু পরিবর্তন হবে ? [উত্তর : 2·8 mA]

১৩। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর বিন্যাসে মিটার কারেন্ট 1·2 mA এবং কালেক্টর কারেন্ট 9×10^{-4} হলে বেস কারেন্ট কত হবে ? [ঢা. বি. ভর্তি পরীক্ষা, ২০০৫-০৬, ২০০৬-০৭] [উত্তর : 0·3 mA]

১৪। একটি p–n জাংশনকে সম্মুখ বায়াসে রাখা আছে। যখন বিভব পার্থক্য 2·24 V থেকে 2·35 V বৃদ্ধি করা হয়, তখন তড়িৎ প্রবাহ 300 mA-এ উন্নীত হয়। জাংশনের গতীয় রোধ নির্ণয় কর। [উত্তর : 0·37Ω]

১৫। একটি p–n জাংশনের গতীয় রোধ 40Ω। যদি বিভব পার্থক্য 0·2 V পরিবর্তন করা হয় তবে সংশ্লিষ্ট তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তন কত হবে ? [উত্তর : 5 mA]

১৬। বাইনারি সংখ্যা 111.11 ও 101.10 যোগ কর। [উত্তর : $(110101.01)_2$]

১৭। একটি ট্রানজিস্টরের নিঃসারক প্রবাহের 8 mA পরিবর্তনের জন্য সংগ্রাহক প্রবাহের 7 mA পরিবর্তন হয়। সংগ্রাহক তড়িৎ প্রবাহের পরিবর্তনের জন্য পীঠ প্রবাহের পরিবর্তন 0·1 mA পাওয়া যায়। তড়িৎ বিবর্ধক গুণাঙ্ক α এবং তড়িৎ লাভ β-এর মান বের কর। [উত্তর : $\alpha = 0·88$, $\beta = 70$]

১৮। অক্টাল সংখ্যা 65_8 কে বাইনারি ও ডেসিমাল সংখ্যায় পরিবর্তন কর। [উত্তর : $11·0101$, 53_{10}]

১৯। $(424·37)_8$ কে হেক্সাডেসিমাল সংখ্যায় পরিবর্তন কর। [উত্তর : $(114·7\ C)_{16}$]

২০। $(6A\ .\ 2E)_{16}$ সংখ্যাকে বাইনারি সংখ্যায় রূপান্তর কর। [উত্তর : $(01101010.00101110)_2$]

২১। $(3B\,.\,2F)_{16}$ সংখ্যাকে অকট্যাল সংখ্যায় রূপান্তর কর। [উত্তর : $(73{\cdot}136)_8$]

২২। $(525{\cdot}27)_8$ সংখ্যাকে বাইনারি সংখ্যায় রূপান্তর কর। [উত্তর : $(101010101{\cdot}010111)_2$]

২৩। বাইনারি সংখ্যা দুটি যোগ কর :

(ক) $(10111{\cdot}01)_2 + (10101{\cdot}01)_2$ [উত্তর : $(101100{\cdot}10)_2$]

(খ) $(110)_2 + (1100)_2 + 11000)_2$ উত্তর : $(101010)_2$]

২৪। বিয়োগ কর :

(ক) $(10000{\cdot}11100)_2 - (101{\cdot}01001)_2$ [উত্তর : $(1011{\cdot}10011_2]$

(খ) $(1000001)_2 - (11111)_2$ উত্তর : $(100010)_2$]

২৫। বাইনারি সংখ্যার গুণন কর :

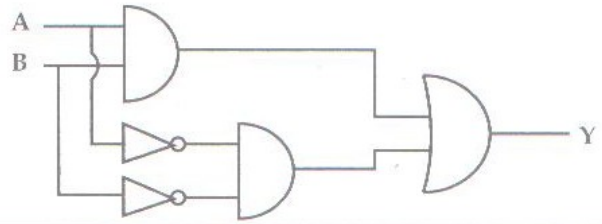
$(101{\cdot}01)_2 \times (11)_2$ [উত্তর : $(1111{\cdot}11)_2$]

২৬। বাইনারি ভাগ কর :

$(1111001)_2 \div (1001)_2$ [উত্তর : $(1101{\cdot}011)_2$]

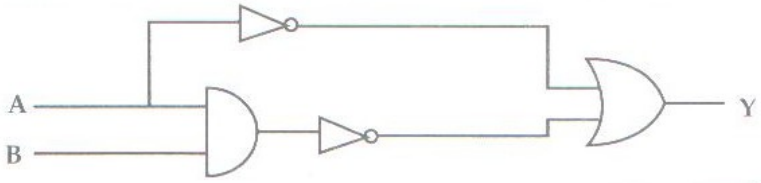
২৭। নিম্নের চিত্রে দেখানো লজিক বর্তনীর বুলিয়ান সম্পর্ক লিখ এবং এর ট্রুথ টেবিল তৈরি কর।

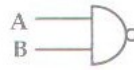
[উত্তর : $Y = AB + \overline{A}\,\overline{B}$]



A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	AB	$\overline{A}\,\overline{B}$	$Y = AB + \overline{A}\,\overline{B}$
0	0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	1

২৮। নিম্নের লজিক বর্তনীর বুলিয়ান সম্পর্ক লিখ এবং এর সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম সমতুল বর্তনী অঙ্কন কর।



[উত্তর : $Y = \overline{AB}$;  $Y = \overline{AB}$]