বুলিয়ান অ্যালজেবরা ও ডিজিটাল ডিভাইস

ইউনিট ৬

ভূমিকা: আমাদের দৈনন্দিন জীবনের অধিকাংশ সমস্যা যা কম্পিউটার দিয়ে সমাধান করা হয় সেগুলো গাণিতিক ও যুক্তিমূলক অংশের সমন্বয়ে গঠিত। এক্ষেত্রে কম্পিউটারের যাবতীয় গাণিতিক ও যুক্তিমুলক কাজ বিশ্লেষণের জন্য মৌলিক লজিক্যাল অপারেশন, বুলিয়ান অ্যালজেবরা, লজিক গেইট ও ডিজিটাল সার্কিট সমন্ধে জ্ঞান অর্জন করা প্রয়োজন। এই অধ্যায়ে বুলিয়ান অ্যালজেবরাসহ অন্যান্য লজিক ব্যাখ্যা ও বিশ্লেষণ করা হয়েছে।

ইউনিট সমাপ্তির সময়	**ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৩ সপ্তাহ।**

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ - ৬.১ : বুলিয়ান অ্যালজেবরা ও বুলিয়ান উপপাদ্য

পাঠ - ৬.২ : সত্যক সারণি ও ডি-মরগ্যান এর উপপাদ্য

পাঠ - ৬.৩ : লজিক ফাংশন সরলীকরণ

পাঠ - ৬.৪ : লজিক গেইট ও মৌলিক গেইট

পাঠ - ৬.৫ : সার্বজনীন গেইট

পাঠ - ৬.৬ : বিশেষ গেইট

পাঠ - ৬.৭ : এডার

পাঠ - ৬.৮ : এনকোডার ও ডিকোডার

পাঠ - ৬.৯ : ফ্লিপ ফ্লপ

পাঠ - ৬.১০ : রেজিস্টার

পাঠ - ৬.১১ : কাউন্টার

পাঠ-৬.১ বুলিয়ান অ্যালজেবরা ও বুলিয়ান উপপাদ্য

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- বুলিয়ান অ্যালজেবরা কি এবং এ সম্পর্কিত অন্যান্য বিষয় সম্পর্কে ধারণা লাভ করবেন।
- বুলিয়ান উপপাদ্যসমূহের ধারণা এবং প্রমাণসমূহ উপস্থাপন করতে পারবেন।
- লজিক অপারেটর কি বলতে পারবেন।
- বুলিয়ান অ্যালজেবরার সাথে সম্পর্কিত ডিজিটাল ডিভাইসসমূহ সম্পর্কিত তথ্যাদি আলোকপাত করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	বুলিয়ান অ্যালজেবরা , লজিক অপারেটর ।

৬.১.১ বুলিয়ান অ্যালজেবরা

বাইনারি উপাদানসমূহের গেইট দ্বারা গঠিত গাণিতিক পদ্ধতি যা '+' ও '-' এই দুই গাণিতিক চিহ্নের সাহায্যে পরিচালিত তাকে বুলিয়ান অ্যালজেবরা বলে। ১৮৪৭ সালে ইংরেজ গণিতবিদ জর্জ বুলি (George Boole) সর্বপ্রথম বুলিয়ান অ্যালজেবরা নিয়ে আলোচনা করেন। বুলিয়ান অ্যালজেবরা মূলত লজিকের সত্য এবং মিথ্যা এই দুই স্তরের উপর ভিত্তি করে তৈরি হয়েছে। বুলিয়ান অ্যালজেবরার সত্য এবং মিথ্যাকে যথাক্রমে বাইনারি 1 এবং 0 দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

৬.১.২ বুলিয়ান ধ্রুবক ও চলক

বুলিয়ান ধ্রুবক ও চলক এর মান 0 অথবা 1 হয়। ধ্রুবক-এর মান অপরিবর্তিত থাকে, তবে চলকের মান সময়-নির্ভরশীল। সংযোগ তার এবং সার্কিটের ইনপুট অথবা আউটপুটের লজিক অবস্থা নির্দিষ্টকরণের জন্য বুলিয়ান ধ্রুবক এবং চলক ব্যবহার করা হয়। ডিজিটাল সার্কিটের কোন স্থানের ভোল্টের পরিমাণের ভিত্তিতে বলা হয় যে, স্থানটি ০ স্তরে আছে না 1 স্তরে আছে।

৬.১.৩ বুলিয়ান পূরক

বুলিয়ান অ্যালজেবরায় দুটি সম্ভাব্য মান 0 এবং 1 কে একটি অপরটির পূরক বলা হয়। পূরককে '–' অথবা ''' দ্বারা প্রকাশ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ 1 এর পূরক 0 এবং 0 এর পূরক 1। উক্ত কথাটিকে গণিতের ভাষায় লেখা হয়, A এর পূরক হলো A' (অথবা $\overline{A}$)। অর্থাৎ

- যদি A এর মান 0 হয় তবে $A' = 1$ এবং
- যদি A এর মান 1 হয় তবে $A' = 0$ ।

৬.১.৪ বুলিয়ান স্বতঃসিদ্ধ

বুলিয়ান অ্যালজেবরায় শুধুমাত্র বুলিয়ান যোগ ও গুণ-এর সাহায্যে সমস্ত কাজ করা হয়। যোগ ও গুণের ক্ষেত্রে বুলিয়ান অ্যালজেবরা কতকগুলো নিয়ম মেনে চলে। এই নিয়মগুলোকে বুলিয়ান স্বতঃসিদ্ধ (Postulates) বলে। বুলিয়ান অ্যালজেবরা যোগের ক্ষেত্রে যে সব নিয়ম মেনে চলে সেগুলো নিম্নরূপ–

(১) $0 + 0 = 0$
(২) $0 + 1 = 1$
(৩) $1 + 0 = 1$
(৪) $1 + 1 = 1$

প্রথম থেকে তৃতীয় সমীকরণ আমাদের প্রচলিত যোগের নিয়মের সঙ্গে মিল আছে, কিন্তু চতুর্থ সমীকরণ অর্থাৎ $1 + 1 = 1$ এর সাথে প্রচলিত অ্যালজেবরার যোগের কোন মিল নেই। সুতরাং বোঝা যাচ্ছে যে, বুলিয়ান যোগের '+' চিহ্ন, সাধারণ অ্যালজেবরার যোগকে বুঝায় না। বুলিয়ান যোগ লজিক্যাল অ্যাডিশন (Logical Addition) বা লজিক্যাল অর (OR) অপারেশন বুঝায়।

বুলিয়ান অ্যালজেবরা গুণের ক্ষেত্রে যে সব নিয়ম মেনে চলে সেগুলো নিম্নরূপ–

(১) $0 . 0 = 0$
(২) $0 . 1 = 0$
(৩) $1 . 0 = 0$
(৪) $1 . 1 = 1$

উক্ত সমীকরণসমূহ সাধারণ অ্যালজেবরার গুণের নিয়মই মেনে চলে। বুলিয়ান গুণকে লজিক্যাল গুণ বা লজিক্যাল অ্যান্ড অপারেশন (Logical AND Operation) বলা হয়।

৬.১.৪ বুলিয়ান উপপাদ্য

সাধারণত বুলিয়ান উপপাদ্যের সাহায্যে বুলিয়ান অ্যালজেবরার সকল জটিল সমীকরণসমূহের সরল করা হয়। নিম্নে বুলিয়ান অ্যালজেবরার সাধারণ উপপাদ্যগুলো দেয়া হলো–

মৌলিক উপপাদ্য (Basic Theorem)	**সহায়ক উপপাদ্য (Secondary Theorem)**
• $A + 0 = A$ • $A + 1 = 1$ • $A + A = A$ • $A + \overline{A} = 1$ • $A. \overline{A} = 0$ • $A.1 = A$ • $A. 0 = 0$	• $A + A.B = A$ • $\overline{\overline{A}} = A$ বিভাজন উপাদ্য (Distributcd Thcorem) • $A(B + C) = A. B + A.C$ • $A + B.C = (A + B) (A + C)$ • $A + \overline{A} B = A + B$
বিনিময় উপপাদ্য (Commulative Theorem)	**ডি-মরগ্যানের উপপাদ্য (De-Morgan's Theorem)**
• $A + B = B + A$ • $A.B = B. A$	• $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$ • $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$
অনুষঙ্গ উপপাদ্য (Associative Thorem)	
• $A + (B + C) = (A + B) + C$ • $A.(B.C) = (A.B).C$	

শিক্ষার্থীর কাজ	বুলিয়ান চলক ও ধ্রুবকের মধ্যে পার্থক্য লিখুন।

সারসংক্ষেপ

সত্য ও মিথ্যার উপর নির্ভর করে যে অ্যালজেবরার তৈরি হয়েছে তাকে বুলিয়ান অ্যালজেবরা বলা হয়। সাধারণত এই সত্যকে বাইনারি অংক ১ এবং মিথ্যাকে ০ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। মূলত ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সে বুলিয়ান অ্যালজেবরার ব্যবহারিক প্রয়োগ লক্ষ্য করা যায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। বুলিয়ান অ্যালজেবরা যোগের ক্ষেত্রে যে সব নিয়ম মেনে চলে-

ক) $0 + 0 = 0$ খ) $0 + 1 = 1$

গ) $1 + 0 = 1$ ঘ) সবগুলো

২। বুলিয়ান অ্যালজেবরা গুণের ক্ষেত্রে যে সব নিয়ম মেনে চলে-

ক) $0 . 0 = 0$ খ) $0 . 1 = 0$

গ) $1 . 0 = 0$ ঘ) সবগুলো

পাঠ-৬.২ সত্যক সারণি ও ডি মরগ্যান এর উপপাদ্য

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- সত্যক সারণি সম্পর্কে ধারণা লাভ করবেন এবং সত্যক সারণির ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখাতে পারবেন।
- ডি মরগ্যান এর উপপাদ্য বিশ্লেষণ ও প্রমাণ করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	সত্যক সারণি, ডি মরগ্যান এর উপপাদ্য।

৬.২.১ সত্যক সারণি

বুলিয়ান চলকের মানের সম্ভাব্য সব বিন্যাসের জন্য বুলিয়ান ফাংশনের যে মান হয় তা প্রকাশ করার টেবিলকে ট্রুথ টেবিল (Truth Table) বা সত্যক সারণি বলে। অর্থাৎ যে সারণিতে বুলিয়ান বীজগণিতের সূত্রে ব্যবহৃত চলকের সম্ভাব্য মান, মানের জন্য সূত্রের বামদিক এবং ডানদিকের অংশ সমান প্রমাণ করা যায়, সে সারণিকে সত্যক সারণি বা ট্রুথ টেবিল বলা হয়। যদি সত্যক সারণিতে N সংখ্যক চলক থাকে তবে ইনপুট এর অবস্থা হবে 2^n সংখ্যক। যেমন কোন লজিক বর্তনীতে দু'টি ইনপুট চলক A ও B হলে ইনপুটের অবস্থা হবে ২^২ = ৪টি। নিম্নে $A + \overline{A}B = A+ B$ সূত্রটিকে নিচের সত্যক সারণিতে প্রকাশ করে দেখানো হলো-

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

উপরিউক্ত সারণি পরীক্ষা করলে দেখা যায় , $A + \overline{A}B = A+ B$

৬.২.২ ডি মরগ্যানের উপপাদ্য

ব্রিটিশ গণিতবিদ ডি-মরগ্যান (De-Morgan) দুই চলকের জন্য নিম্নলিখিত দুটি বিশেষ প্রয়োজনীয় উপপাদ্য আবিষ্কার করেন।

- প্রথম উপপাদ্য ঃ $\overline{A + B} = \overline{A} . \overline{B}$
- দ্বিতীয় উপপাদ্য ঃ $\overline{A . B} = \overline{A} + \overline{B}$

সত্যক সারণির সহায়তায় অতি সহজে উক্ত উপপাদ্য দুটি প্রমাণ করা যায়। বড় বড় লজিক রাশিমালা সরলীকরণের জন্য উপপাদ্য দুটি বিশেষ সহায়ক।

৬.২.৩ ডি মরগ্যানের উপপাদ্যের প্রমাণ

দুই লজিক্যাল চলকের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্য

ট্রুথ টেবিলের সহায়তায় যে কোন বুলিয়ান উপপাদ্য সহজে প্রমাণ করা সম্ভব। এই পদ্ধতিতে প্রমাণের জন্য সূত্রের বাম দিক ও ডান দিকের চলকসমূহের সম্ভাব্য মান ট্রুথ টেবিলে লেখা হয়। চলকসমূহের সকল মানের জন্য সূত্রের বাম দিক ও ডান দিকের মান একরূপ হলে সূত্রটি প্রমাণিত হয়। নিম্নে দু'টি চলকের জন্য ডি-মরগ্যানের সূত্র প্রমাণ করা হলো-

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	A+B	$\overline{A+B}$	$\overline{A}.\overline{B}$	AB	$\overline{A.B}$	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0

সত্যক সারণি বা ট্রুথ টেবিল

উপরের ট্রুথ টেবিল হতে সহজে দেখা যায় যে, A ও B এর সকল মানের জন্য–

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

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

সুতরাং ডি মরগ্যানের সূত্র দুটি প্রমাণিত হলো।

দুইয়ের অধিক যে কোন সংখ্যক লজিক্যাল চলকের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্য

দুইয়ের অধিক যে কোন সংখ্যক লজিক্যাল চলক বা ভ্যারিয়েবলের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্য ব্যবহার করা যায়। নিম্নে তিনটি চলকের জন্য উপপাদ্য দুইটি দেয়া হলো-

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

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

তিনটি চলক A, B ও C এর জন্য নিম্নে সত্যক সারণির সাহায্যে ডি মরগ্যানের উপপাদ্যের প্রমাণ ঃ

A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{C}$	A+B+C	$\overline{A+B+C}$	$\overline{A}.\overline{B}.\overline{C}$	ABC	$\overline{ABC}$	$\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$
0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0

সত্যক সারণি বা ট্রুথ টেবিল

উপরের ট্রুথ টেবিল হতে সহজে দেখা যায় যে, A, B ও C এর সকল মানের জন্য–

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

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

সুতরাং তিনটি বুলিয়ান চলকের জন্য ডি মরগ্যানের সূত্র দুটি প্রমাণিত হলো।

n সংখ্যক বুলিয়ান চলকের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্যঃ

n সংখ্যক বুলিয়ান চলকের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্য দুইটি নিম্নরূপ:

$$\overline{A_1 + A_2 + A_3 = \ldots\ldots\ldots A_n} = \overline{A_1}\cdot\overline{A_2}\cdot\overline{A_3}\ldots\ldots\ldots\overline{A_n}$$

$$\overline{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 = \ldots\ldots\ldots A_n} = \overline{A_1} + \overline{A_2} + \overline{A_3}\ldots\ldots\ldots + \overline{A_n}$$

শিক্ষার্থীর কাজ	$A + A\ \overline{B}$ এর সত্যক সারণি তৈরি করুন।

সারসংক্ষেপ

ডিজিটাল লজিক সার্কিটের ইনপুটমান বা মানসমূহের উপর ভিত্তি করে আউটপুট পরিবর্তিত হয়। যে ধরনের সারণির সাহায্যে ইনপুট ও আউটপুটের মানের বিন্যাসকে প্রকাশ করা হয় তাকে সত্যক সারণি বলে। লজিক কার্যক্রমকে সহজে বোঝানোর জন্যই সত্যক সারণি ব্যবহৃত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। n-সংখ্যক চলকের জন্য সত্যক সারণিতে ইনপুটের বিন্যাস কি হবে?

ক) 2^n খ) n

গ) 2^{n2} ঘ) সবগুলো

২। কতটি চলকের জন্য ডি মরগ্যানের উপপাদ্য ব্যবহার করা যায় ?

ক) ২ খ) ৩

গ) ৪ ঘ) সবগুলো

পাঠ-৬.৩ লজিক ফাংশন সরলীকরণ

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- লজিক ফাংশন কি এবং এর ব্যবহার সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- লজিক ফাংশন সরলীকরণ এর নিয়ম সম্পর্কে জানতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	লজিক ফাংশন

৬.৩.১ লজিক ফাংশন

লজিক্যাল ফাংশনগুলো লজিক গেটের মাধ্যমে তৈরী করা হয় এবং বাস্তবায়ন করা হয়। এজন্য লজিক ফাংশনগুলো সহজ সরল হলে লজিক গেটের ব্যবহার সহজতর হয়। সাধারণত লজিক ফাংশনে লজিক অপারেটরের সংখ্যা কম হলে গেটের সংখ্যাও কমে যায়। বুলিয়ান উপপাদ্যের সাহায্যে লজিক ফাংশনের সরলীকরণ করা হয়।

৬.৩.২ লজিক ফাংশন সরলীকরণের নিয়ম

বুলিয়ান রাশিমালাকে সরলীকরণের ফলে লজিক গেটের সংখ্যা কমে বলে সময় ও খরচ দুটোই কমে যায়। মূলত বুলিয়ান রাশিমালাকে সরল করার জন্য বিভিন্ন ধরনের বুলিয়ান উপপাদ্যসমূহ ব্যবহৃত হয়। তবে সরলীকরণের ক্ষেত্রে কতকগুলো নিয়ম মেনে সরল করতে হয়। যেমন-

- লজিক ফাংশন বাম হতে ডান দিকে সরল করতে হয়।
- প্রথম বন্ধনীর কাজ আগে করতে হয়।
- পূরক অপারেশনের কাজ শুরুতে করতে হয়।
- এরপর সকল অ্যান্ড (.) অপারেশনের কাজ করতে হয়।
- এরপর সকল অর (+) অপারেশনের কাজ করতে হয়।

৬.৩.৩ লজিক ফাংশন সরলীকরণের উদাহরণঃ

উদাহরণ ১ঃ

$$
\begin{aligned}
&X\overline{Y}Z + \overline{X}\,\overline{Y}Z + XYZ \\
&= X\overline{Y}Z + XYZ + \overline{X}\,\overline{Y}Z \\
&= XZ\left(\overline{Y} + Y\right) + \overline{X}\,\overline{Y}Z \\
&= XZ.1 + \overline{X}\,\overline{Y}Z \qquad \left[\because A + \overline{A} = 1\right] \\
&= Z\left(X + \overline{X}\,\overline{Y}\right) \\
&= Z(X + \overline{X})(X + \overline{Y}) \\
&= Z(X + \overline{Y}) \\
&= XZ + \overline{Y}Z
\end{aligned}
$$

উদাহরণ ২ঃ

$$
\begin{aligned}
&ABC + A\overline{B}C + \overline{A} \\
&= AC\left(B + \overline{B}\right) + \overline{A} \\
&= AC.1 + \overline{A} \quad \left[\because A + \overline{A} = 1\right] \\
&= AC + \overline{A} \quad \left[\because A.1 = A\right] \\
&= \overline{A} + AC \\
&= (\overline{A} + A)\left(A + C\right) \\
&= \overline{A} + C
\end{aligned}
$$

উদাহরণ ৩ঃ

$$(A+B)(A+\overline{B})(\overline{A}+C)$$
$$=(A.A+A\overline{B}+AB+B.\overline{B})(\overline{A}+C)$$
$$=(A+A\overline{B}+AB)(\overline{A}+C)\ [\because A.\overline{A}=0;\ AA=A]$$
$$=[A(1+\overline{B})+AB]\ (\overline{A}+C)$$
$$=(A+AB)(\overline{A}+C) \qquad [\because 1+\overline{A}=1]$$
$$=[A(1+B)](\overline{A}+C)$$
$$=A(\overline{A}+C)$$
$$=A.\overline{A}+AC$$
$$=0+AC$$
$$=AC$$

উদাহরণ ৪ঃ

$$\overline{(A+B+\overline{C})}+BC$$
$$=\overline{A}.\overline{B}.\overline{\overline{C}}+\overline{B}C \qquad [\because \overline{A+B}=\overline{A}.\overline{B}.]$$
$$=\overline{A}.\overline{B}.C+\overline{B}C \qquad [\because \overline{\overline{A}}=A]$$
$$=\overline{B}C(\overline{A}+1)$$
$$=\overline{B}C \qquad [\because \overline{A}+1=1]$$

শিক্ষার্থীর কাজ	$A\overline{B}\overline{C}+A\overline{B}\overline{C}+\overline{A}BC+ABC+A\overline{B}C$ ফাংশনটির সরল করুন।

সারসংক্ষেপ

ডিজিটাল বা লজিক সার্কিটের ইনপুট ও আউটপুট বিশ্লেষনের মাধ্যমে যে ধরনের রাশিমালা পাওয়া যায় তা লজিক্যাল ফংশন নামে পরিচিত। এই ফাংশনগুলোকে সরলীকরণের ফলে লজিক গেটের সংখ্যা কমে বলে সময় ও খরচ দুটোই কমে যায়। মূলত বুলিয়ান রাশিমালাকে সরল করার জন্য বিভিন্ন ধরনের বুলিয়ান উপপাদ্যসমূহ ব্যবহৃত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। লজিক ফাংশন _____ দিকে সরল করতে হয়।

ক) বাম হতে ডান খ) ডান হতে বামে
গ) ডান হতে ডান ঘ) সবগুলোই

২। লজিক ফাংশন সরলীকরণের ক্ষেত্রে কোনটির কাজ আগে করতে হয়?

ক) পূরক খ) অ্যান্ড
গ) অর ঘ) কোনটিই নয়

পাঠ-৬.৪ লজিক গেইট ও মৌলিক গেইট

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- লজিক গেইট সম্পর্কে বলতে পারবেন।
- মৌলিক লজিক গেইটসমূহ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	লজিক গেইট, মৌলিক লজিক গেইট।

৬.৪.১ লজিক গেইট

যে বৈদ্যুতিক সার্কিট কোন বুলিয়ান প্রক্রিয়া (যোগ, গুণ) সম্পাদন করে বা কোন বুলিয়ান অপেক্ষক রূপায়িত করে তাকে লজিক গেইট বলে। সহজ কথায় বলা যায়, যে সকল ডিজিটাল ইলেকট্রনিক সার্কিট যুক্তিভিত্তিক সংকেতের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করে সে সকল সার্কিটকে লজিক গেইট বলে।

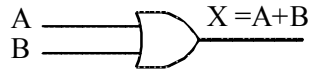
৬.৪.২ মৌলিক লজিক গেইট

ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স পদ্ধতি বাস্তবায়নের জন্য যে সমস্ত গেইট মূলত কাজ করে তাদেরকে মৌলিক গেইট বলা হয়। কম্পিউটার বা অন্যান্য ডিজিটাল পদ্ধতির মূলে রয়েছে তিনটি মৌলিক গেইট। যথা–

১। অর গেইট (OR Gate)
২। অ্যান্ড গেইট (AND Gate) ও
৩। নট গেইট (NOT Gate)

অর গেইট

এই গেইট যৌক্তিক যোগ পদ্ধতিতে কাজ করে। অর্থাৎ যে গেইটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে এবং আউটপুট ইনপুটসমূহের যৌক্তিক যোগফলের সমান তাকে অর গেইট বলে। কমপক্ষে একটি ইনপুট 1 হলে অর গেইটের আউটপুট 1 হবে, অন্যথায় আউটপুট 0 হবে। দুইটি ইনপুট সংকেত A ও B এবং আউটপুট X হলে অর গেইটের সমীকরণ, সাংকেতিক সংকেত ও সত্যক সারণি হবে নিম্নরূপ ঃ



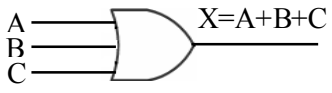
চিত্র ৬.৪.১ : অর গেইট এর প্রতীক

আউটপুট সমীকরণ ঃ X = A OR B
= A+B

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

অর গেইটের সত্যক সারণি

অনুরূপভাবে, তিন ইনপুট বিশিষ্ট অর গেইটের ক্ষেত্রে-



চিত্র ৬.৪.২ : তিন ইনপুট বিশিষ্ট অর গেইট

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

সত্যক সারণি

অ্যান্ড গেইট

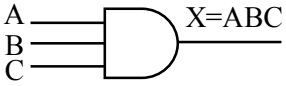
এই গেইট যৌক্তিক গুণন পদ্ধতিতে কাজ করে। অর্থাৎ যে গেইটের দুই বা ততোধিক ইনপুট থাকে এবং আউটপুট ইনপুটগুলোর যৌক্তিক গুণফলের সমান হয় তাকে অ্যান্ড গেইট বলে। সবগুলো ইনপুট 1 হলে অ্যান্ড গেইটের আউটপুট 1 হবে; অন্যথায় আউটপুট 0 হবে। নিচে দুই ইনপুট বিশিষ্ট অ্যান্ড গেইটের বর্তনী এবং সত্যক সারণি দেখানো হলো:

চিত্র ৬.৪.৩ : দুই ইনপুট বিশিষ্ট অ্যান্ড গেইট

A	B	X = A.B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

অ্যান্ড গেইটের সত্যক সারণি

অনুরূপভাবে তিন ইনপুট বিশিষ্ট অ্যান্ড গেইটের ক্ষেত্রে–



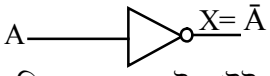
চিত্র ৬.৪.৪: তিন ইনুপট বিশিষ্ট অ্যান্ড গেইট

A	B	C	X= A.B.C
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

সত্যক সারণি

নট গেইট

এই গেইট যৌক্তিক উল্টানো পদ্ধতিতে কাজ করে। যে গেইটে একটি ইনপুট ও একটি আউটপুট থাকে তাকে নট গেইট বলে। এই গেইটের ইনপুট 1 হলে আউটপুট হবে 0 এবং ইনপুট 0 হলে আউটপুট হবে 1।



চিত্র ৬.৪.৫ : নট গেইট

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

নট গেইটের সত্যক সারণি

শিক্ষার্থীর কাজ	লজিক মৌলিক গেইটসমূহের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করুন।

সারসংক্ষেপ

যে বৈদ্যুতিক সার্কিট কোন বুলিয়ান প্রক্রিয়া (যোগ, গুণ) সম্পাদন করে বা কোন বুলিয়ান অপেক্ষক রূপায়িত করে তাকে লজিক গেইট বলে। লজিক গেইটের এক বা একাধিক ইনপুট এবং একটি মাত্র আউটপুট থাকে যেখানে ইনপুটসমূহের উপর নির্ভর করে আউটপুট।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। একটি ইনপুট ও একটি আউটপুট থাকে কোন গেইটে?

ক) অ্যান্ড খ) অর

গ) নট ঘ) সবগুলোই

২। দুই বা ততোধিক ইনপুট এবং আউটপুট ইনপুটগুলোর যৌক্তিক গুণফলের সমান হয় কোন গেইটে?

ক) অ্যান্ড খ) অর

গ) নট ঘ) সবগুলোই

পাঠ-৬.৫ সার্বজনীন গেইট

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- সার্বজনীন গেইট (Universal Gate) সম্পর্কে বলতে পারবেন।
- সার্বজনীন গেইট (Universal Gate) দিয়ে মৌলিক লজিক গেইটসমূহ বাস্তবায়ন করতে পারবেন।

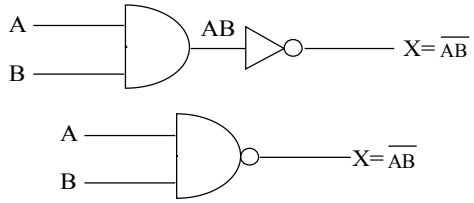
	মুখ্য শব্দ	সার্বজনীন গেইট।

৬.৫.১ সার্বজনীন গেইট

যে সকল গেইটের মাধ্যমে অ্যান্ড, অর ও নট গেইটের ফাংশনকে প্রতিস্থাপন করা যায় তাদেরকে সার্বজনীন গেইট বলা হয়। অর, অ্যান্ড এবং নট এই তিনটি মৌলিক গেইটের সমন্বয়ে সকল প্রকার লজিক সার্কিট বা যুক্তি বর্তনী তৈরি করা যায়। আবার শুধুমাত্র ন্যান্ড গেইট ব্যবহার করেই যে কোন লজিক সার্কিট বা যুক্তি বর্তনী তৈরি করা যায়। এর কারণ ন্যান্ড গেইট দিয়ে অর, অ্যান্ড এবং নট গেইট বাস্তবায়ন সম্ভব। একইভাবে শুধু নর গেইট দিয়েই অর, অ্যান্ড এবং নট গেইট তথা যে কোন লজিক সার্কিট বা যুক্তি বর্তনী তৈরি করা সম্ভব। এ জন্য এই গেইট দুটিকে বলা হয় সার্বজনীন গেইট।

৬.৫.২ ন্যান্ড গেইট

ন্যান্ড (NAND) গেইট হচ্ছে অ্যান্ড গেইট ও নট গেইটের সমন্বিত রূপ। অ্যান্ড গেইটের আউটপুটকে নট গেইটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে তখন তাকে বলা হয় ন্যান্ড গেইট। অ্যান্ড গেইট যে কাজ করে ন্যান্ড গেইট তার বিপরীত কাজ করে। নিচে ২ ইনপুট বিশিষ্ট ন্যান্ড গেইটের সত্যক সারণি ও চিত্র দেখানো হলো–



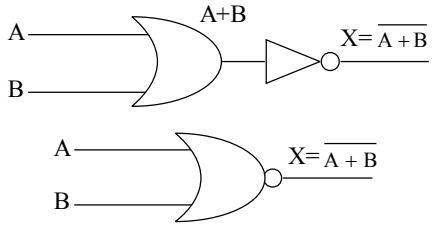
চিত্র ৬.৫.১ : ন্যান্ড গেইট

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

ন্যান্ড গেইটের সত্যক সারণি

৬.৫.৩ নর গেইট

নর (NOR) গেইট হচ্ছে অর গেইট ও নট গেইটের সমষ্টি। অর গেইটের আউটপুটকে নট গেইটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে নর গেইট তৈরি হয়। অর গেইট যে কাজ করে নর গেইট তার বিপরীত কাজ করে। নিচে ২ ইনপুট বিশিষ্ট নর গেইটের সত্যক সারণি ও চিত্র দেখানো হলো :



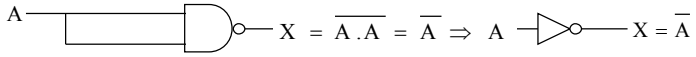
চিত্র ৬.৫.২ : নর গেইট

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

নর গেইটের সত্যক সারণি

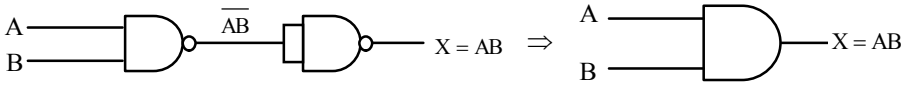
৬.৫.৪ ন্যান্ড (NAND) গেইট দিয়ে মৌলিক গেইটসমূহের বাস্তবায়ন

- **নট গেইটের ক্ষেত্রে ঃ** যদি ন্যান্ড গেইটের ইনপুটসমূহ একই ধরনের হয় সেক্ষেত্রে ন্যান্ড গেইট নট গেইটের মত কাজ করবে। অর্থাৎ, যদি ইনপুটদ্বয় A হয় তাহলে আউটপুট $X = \overline{A.A} = \overline{A}$ হবে।

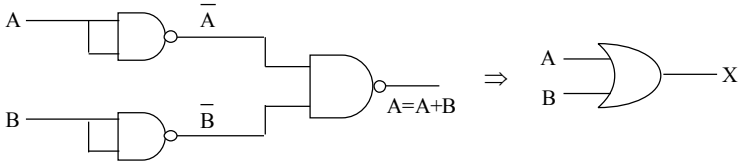


- **অ্যান্ড গেইটের ক্ষেত্রে ঃ** চিত্রে দুটি ন্যান্ড গেইটের ইনপুট A ও B এমনভাবে ব্যবহার করা হয়েছে যাতে আউটপুট AB হয়। অর্থাৎ, ন্যান্ড গেইট দিয়ে অ্যান্ড গেইটের কাজ করা হয়েছে। এক্ষেত্রে-

আউটপুট $X = \overline{AB}.\overline{AB} = \overline{\overline{AB}} = AB$



- **অর গেইট ঃ** তিনটি ন্যান্ড গেইট দিয়ে অর গেইটের বাস্তবায়ন করা যায়। এক্ষেত্রে প্রথম দুইটি ন্যান্ড গেইট,নট গেইট হিসেবে কাজ করে যাতে সর্বশেষ আউটপুট $X = \overline{\overline{A}.\overline{B}} = \overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}} = A + B$ হয়। নিম্নে চিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো-

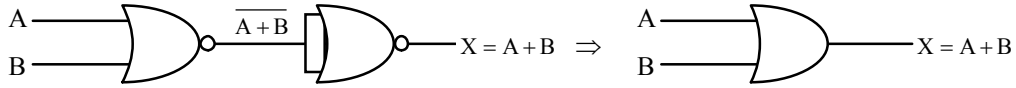


৬.৫.৫ নর গেইট দিয়ে মৌলিক গেইট বাস্তবায়ন

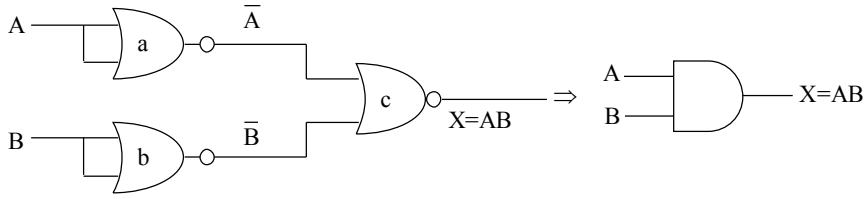
- **নট গেইটের ক্ষেত্রে ঃ** যদি নর গেইটের ইনপুটসমূহ একই ধরনের হয় সেক্ষেত্রে নর গেইট নট গেইটের মত কাজ করবে। অর্থৎ যদি ইনপুটদ্বয় A হয় তাহলে আউটপুট, আউটপুট $X = \overline{A + A} = \overline{A}$ হবে।

- **অর গেইটের ক্ষেত্রে ঃ** চিত্রে দুটি নর গেইটের ইনপুট A ও B এমনভাবে ব্যবহার করা হয়েছে যাতে আউটপুট A+ B হয়। অর্থাৎ নর গেইট দিয়ে অ্যান্ড গেইটের কাজ করা হয়েছে। এক্ষেত্রে -

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



- **অ্যান্ড গেইটের ক্ষেত্রে ঃ** তিনটি নর গেইট দিয়ে অ্যান্ড গেইটের বাস্তবায়ন করা যায়। এক্ষেত্রে প্রথম দুইটি নর গেইট নট গেইট হিসেবে কাজ করে যাতে সর্বশেষ আউটপুট $X = \overline{\overline{A+A} + \overline{B+B}} = \overline{\overline{A} + \overline{B}} = \overline{\overline{A}}.\overline{\overline{B}} = AB$ হয়। নিম্নে চিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো-



অতএব, নর ও অ্যান্ড গেইট দিয়ে সকল মৌলিক গেইটসমূহ বাস্তবায়ন করা যায় বলে এই দুটি গেইটকে সার্বজনীন গেইট বলে।

শিক্ষার্থীর কাজ	তিন ইনপুট বিশিষ্ট নর ও ন্যান্ড গেইটসমূহের সত্যক সারণী তৈরি করুন।

সারসংক্ষেপ

যে সকল গেইটের মাধ্যমে অ্যান্ড, অর ও নট গেইটের ফাংশনকে প্রতিস্থাপন করা যায় তাদেরকে সার্বজনীন গেইট বলা হয়। নর ও অ্যান্ড গেইট দিয়ে সকল প্রকার লজিক সার্কিট তৈরি করা যায় বলে এই দুটি গেইটকে সার্বজনীন গেইট বলা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। ন্যান্ড গেইট কোন কোন গেইটের সমন্বিত রূপ?

ক) অ্যান্ড গেইট ও নট গেইট
খ) অ্যান্ড গেইট ও অর গেইট
গ) অর গেইট ও নট গেইট
ঘ) সবগুলোই

২। NAND গেইট গঠিত হয়–

i. AND
ii. OR
iii. NOT

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক.i ও ii
খ.i ও iii
গ.ii ও iii
ঘ.i, ii ও iii

পাঠ-৬.৬ বিশেষ গেইট

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- বিশেষ গেইট সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- মৌলিক লজিক গেইট ব্যবহার করে বিশেষ গেইটগুলোর কার্যাবলী বিশ্লেষণ করতে পারবেন।

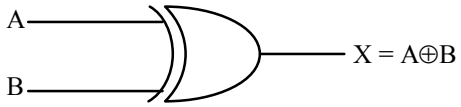
	মুখ্য শব্দ	এক্স অর গেইট (XOR) , এক্স নর গেইট (XNOR) ।

৬.৬.১ বিশেষ গেইট

এক্স অর গেইট (XOR) এবং এক্স নর গেইট (XNOR), এই গেইট দুটিকে বিশেষ গেইট বলা হয়। নিচে এই দুইটি গেইট নিয়ে আলোচনা করা হল-

৬.৬.২ এক্স অর গেইট (Exclusive OR (XOR) Gate)

Exclusive OR গেইটকে সংক্ষেপে এক্স অর গেইট বলে। মৌলিক গেইট দিয়ে এক্স অর গেইট তৈরি করা হয় বলে একে প্রকৃত অর গেইট বলে। এটি অ্যান্ড, অর, নট, ন্যান্ড, নর ইত্যাদি গেইটের সাহায্যেও তৈরি করা যায়। এই গেইটের দুটি ইনপুট সমান না হলে আউটপুট 1 হয়, অন্যথায় আউটপুট 0 হবে। নিচে এক্স অর গেইটের চিত্র ,সত্যক সারণি ও আউটপুট সমীকরণ দেখানো হলো:



চিত্র ৬.৬.১ : এক্স অর গেইট

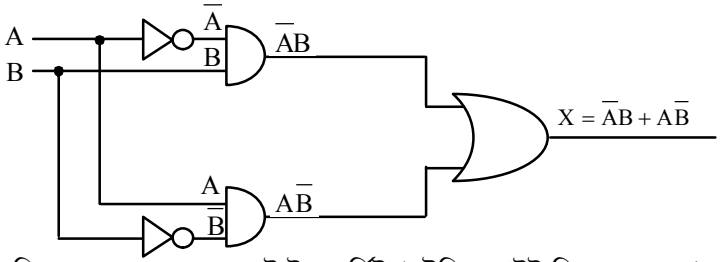
A	B	X = A⊕B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

এক্স অর গেইটের সত্যক সারণি

এক্স অর গেইটের আউটপুট : $X = A \oplus B = \overline{A}B + A\overline{B}$ এখানে'$\oplus$' চিহ্ন দ্বারা এক্স অর ক্রিয়া বুঝানো হয়েছে।

মৌলিক গেইট দিয়ে এক্স অর গেইট:

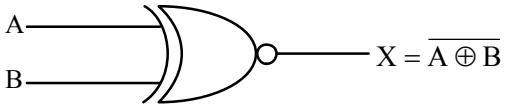
মৌলিক গেইট (অ্যান্ড, অর, নট) দিয়ে এক্স অর গেইট তৈরি করা যায়। নিচে তা দেখানো হল-



চিত্র ৬.৬.২ : এক্স অর গেইটের সার্কিট (মৌলিক গেইট দিয়ে বাস্তবায়ন)

৬.৬.৩ এক্স নর গেইট বা Exclusive NOR (XNOR) Gate

Exclusive NOR গেইটকে সংক্ষেপে এক্স নর (**XNOR**) গেইট বলে। এক্স অর গেইটের আউটপুটকে নট গেইট দিয়ে প্রবাহিত করলে অর্থাৎ এক্স অর গেইট এবং নট গেইটের সমন্বয়ে এক্স নর গেইট গঠিত হয়। এক্স অর গেইট যে কাজ করে এই গেইট তার বিপরীত কাজ করে অর্থাৎ দুইটি ইনপুট সমান হলেই কেবলমাত্র আউটপুট 1 হবে, অন্যথায় আউটপুট 0 হবে। নিচে এক্স নর গেইটের চিত্র, সত্যক সারণি ও আউটপুট সমীকরণ দেখানো হলো ঃ



চিত্র ৬.৬.৩ : এক্স নর গেইট

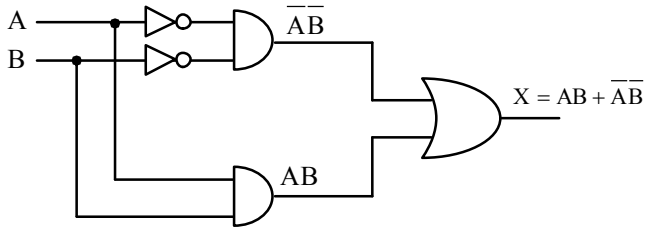
এক্স নর গেইটের আউটপুট $X = \overline{A \oplus B} = \overline{\overline{A}B + A\overline{B}}$

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

এক্স নর গেইটের সত্যক সারণি

মৌলিক গেইট দিয়ে এক্স নর গেইট:

মৌলিক গেইট (অ্যান্ড, অর, নট) দিয়ে এক্স নর গেইট তৈরি করা যায়। নিচে তা দেখানো হল-



চিত্র ৬.৬.৪: এক্স নর গেইটকে মৌলিক গেইট দিয়ে বাস্তবায়ন

শিক্ষার্থীর কাজ	তিন ইনপুট বিশিষ্ট এক্স অর ও এক্স নর গেইটের সত্যক সারণী তৈরি করুন।

সারসংক্ষেপ

এক্স অর ও এক্স নর এই দুইটি গেইটকে বিশেষ গেইট বলা হয়। এক্স অর গেইটের দুটি ইনপুট সমান না হলে আউটপুট 1 হয়, অন্যথায় আউটপুট 0 হবে। অন্যদিকে এক্স নর গেইটের দুটি ইনপুট সমান না হলে আউটপুট 0 হয়, অন্যথায় আউটপুট 1 হবে। তবে মৌলিক গেইট (অ্যান্ড, অর, নট) দিয়ে এক্স অর ও এক্স নর গেইট তৈরি করা যায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৯.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কোন ধরনের গেইটে দুটি ইনপুট একই মানের জন্য আউটপুট ০ এবং ভিন্ন মানের জন্য আউটপুট ১ হয়?

ক. AND খ. OR

গ. XOR ঘ. XNOR

২। XOR গেইটের আউটপুটের সমীকরণ কোনটি ?

ক. $Y = \overline{A}\ \overline{B} + A$ খ. $Y = A\overline{B} + A$

গ. $Y = A\overline{B} + \overline{A}B$ ঘ. $Y = \overline{A}\ \overline{B} + AB$

পাঠ-৬.৭ এডার

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- এডার সার্কিট সম্পর্কে বিস্তারিত জানতে পারবেন।
- হাফ এডার দিয়ে ফুল এডার এর কার্যাবলী, লজিক ফাংশন ও চিত্র উপস্থাপন করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	এডার, হাফ এডার, ফুল এডার।

৬.৭.১ এডার

কম্পিউটারের যাবতীয় গাণিতিক কাজ বাইনারি যোগের মাধ্যমে সম্পন্ন করা হয়। গুণ হলো বার বার যোগ করা এবং ভাগ হলো বার বার বিয়োগ করা। আবার পূরক পদ্ধতিতে বাইনারি যোগের মাধ্যমেই বিয়োগ করা যায়। কাজেই যোগের মাধ্যমে গুণ, বিয়োগ, ভাগ ইত্যাদির কাজ করা যায়। কম্পিউটার সিস্টেমে যে সমবায় সার্কিট দ্বারা যোগ করা যায় তাকে বলে এডার। ডিজিটাল ইলেক্ট্রনিক্সে দু ধরনের এডার আছে। যথা-

১। হাফ-এডার ও
২। ফুল-এডার

৬.৭.২ হাফ এডার

দুইটি বাইনারি বিট যোগ করার জন্য যে বর্তনী ব্যবহার করা হয় তাকে অর্ধযোগের বর্তনী বলা হয়। দুইটি বিট A ও B যোগ করে এই বর্তনী হতে যোগফল (S) এবং হাতের সংখ্যা বা ক্যারি (C) পাওয়া যায়। ক্যারি যোগের ব্যবস্থা থাকে না বলে এই বর্তনীকে অর্ধযোগের বর্তনী বলে। নিম্নে হাফ এ্যাডার এর সত্যক সারণী , আউটপুট সমীকরণ, লজিক সার্কিট ও ব্লক ডায়াগ্রাম দেয়া হলো ঃ

সত্যক সারণি ঃ

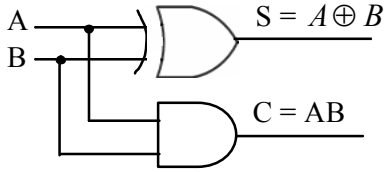
ইনপুট		আউটপুট	
A	B	S	**C**
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

আউটপুট সমীকরণ ঃ

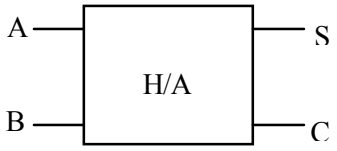
যোগফল, $S = \bar{A}B + A\bar{B}$

$= A \oplus B$

এবং ক্যারি, C = AB



চিত্র ৬.৭.১ : হাফ অ্যাডারের লজিক সার্কিট



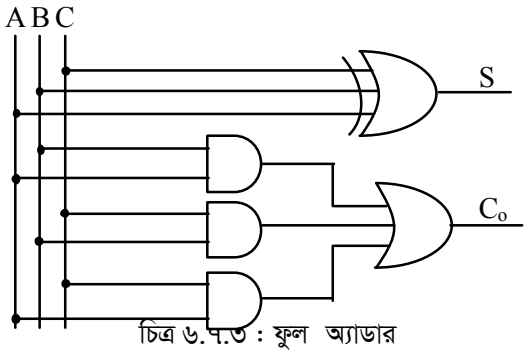
চিত্র ৬.৭.২ : হাফ অ্যাডারের সাংকেতিক চিহ্ন

৬.৭.৩ ফুল এডার বা পূর্ণযোগের বর্তনী

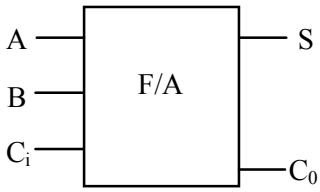
যে বর্তনীতে ক্যারিসহ দুইটি বিট যোগ করার মত ব্যবস্থা থাকে, তাকে পূর্ণ যোগের বর্তনী বা ফুল এডার বলে। এই বর্তনীতে দুইটি বিটের জন্য দুইটি ইনপুট সংকেত (A, B) ও একটি গ্রহণ ক্যারি C_i থাকে এবং যোগফল (S) ও ১টি আউটপুট ক্যারি C_o থাকে। নিম্নে ফুল এ্যাডার এর লজিক সার্কিট, ব্লক ডায়াগ্রাম, আউটপুট সমীকরণ ও সত্যক সারণী দেয়া হল-

সত্যক সারণী ঃ

ইনপুট সংকেত			আউটপুট	
A	B	Ci	S	Co
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1



চিত্র ৬.৭.৩ : ফুল অ্যাডার



চিত্র ৬.৭.৪ : ফুল অ্যাডারের ব্লক ডায়াগ্রাম

আউটপুট সমীকরণ ঃ

যোগফল, $S = \overline{A}\overline{B}Ci + \overline{A}B\overline{C}i + A\overline{B}\overline{C}i + ABCi$

$= \overline{A}(\overline{B}Ci + B\overline{C}i) + A(\overline{B}\overline{C}i + BCi)$

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

$= A \oplus B \oplus Ci$

এবং ক্যারি,

$Co = \overline{A}BCi + A\overline{B}Ci + AB\overline{C}i + ABCi$

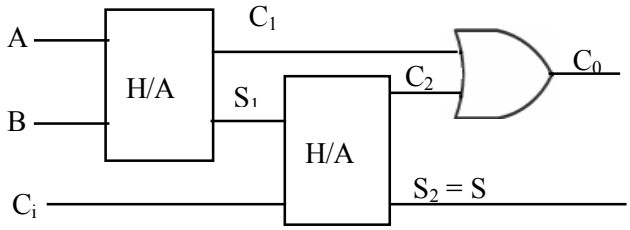
$= \overline{A}BCi + ABCi + A\overline{B}Ci + ABCi + AB\overline{C}i + ABCi$

$= BCi(\overline{A} + A) + ACi(\overline{B} + B) + AB(Ci + \overline{C}i)$

$= BCi + ACi + AB \qquad [\because \overline{C}i + Ci = 1]$

৬.৭.৪ অর্ধযোগের বর্তনী দ্বারা পূর্ণযোগের বর্তনী বাস্তবায়ন

হাফ অ্যাডারের সাহায্যে ফুল এডার তৈরীর জন্য ২টি Half-adder এবং Carry যোগের জন্য ১টি অতিরিক্ত অর গেইটের প্রয়োজন হয়। ধরি, একটি পূর্ণযোগের বর্তনীর ইনপুট সংকেত ও ক্যারি যথাক্রমে A , B ও C_i এবং আউটপুট বা যোগফল S এবং ক্যারি C_O। নিম্নে হাফ এডার দ্বারা ফুল এডার বাস্তবায়নের ব্লক ডায়াগ্রাম দেয়া হলো-



চিত্র ৬.৭.৫ : হাফ এডার দ্বারা ফুল এডার বাস্তবায়নের ব্লক ডায়াগ্রাম

প্রথম হাফ-অ্যাডারের ইনপুট A ও B থেকে যোগফল S_1 ও ক্যারি C_1 পাওয়া যায়। দ্বিতীয় হাফ-অ্যাডারে ইনপুট হিসেবে ১ম অ্যাডারের যোগফল S_1 ও ক্যারি C_i দেয়া হয় , যার থেকে যোগফল S_2 ও ক্যারি C_2 পাওয়া যায়। দ্বিতীয় হাফ অ্যাডারের যোগফলই হবে ফুল অ্যাডারের যোগফল। ১ম ও ২য় হাফ অ্যাডারের ক্যারি যোগ করে পাওয়া যাবে ফুল অ্যাডারের ক্যারি।

চিত্র হতে, ফুল-অ্যাডারের আউটপুট-

যোগফল, $S = A \oplus B \oplus C_i$ এবং ক্যারি, $C_0 = C_i(A \oplus B) + AB$

এখন,

প্রথম হাফ-অ্যাডারের ক্ষেত্রে- দ্বিতীয় হাফ-অ্যাডারের ক্ষেত্রে-

$S_1 = A \oplus B$ এবং

$C_1 = AB$

$S_2 = S_1 \oplus C_i$
$= A \oplus B \oplus C_i$
$= S$

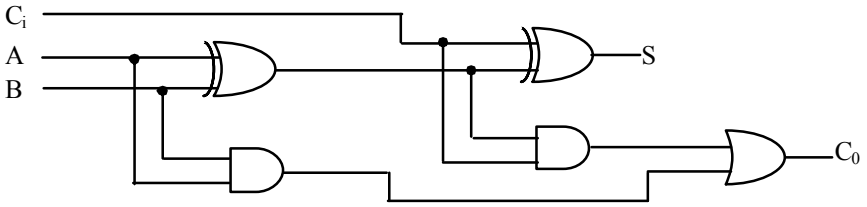
এবং

$C_2 = S_1 C_i$
$= (A \oplus B) C_i$

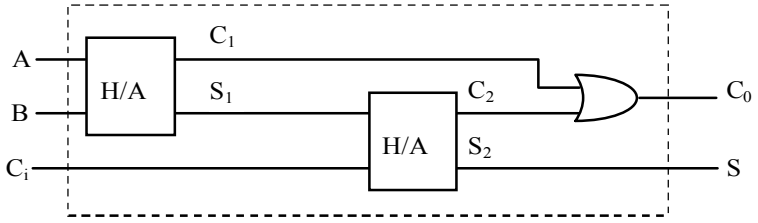
অতএব, $C_0 = C_2 + C_1$

= ফুল-অ্যাডারের যোগফল

পরিশেষে, হাফ এডার দ্বারা ফুল এডার বাস্তবায়নের লজিক ডায়াগ্রাম নিম্নে দেয়া হলো-



অথবা (ব্লক চিত্রের মাধ্যমে)



চিত্র ৬.৭.৬ : হাফ-অ্যাডারের সাহায্যে ফুল-অ্যাডারের বাস্তবায়ন

শিক্ষার্থীর কাজ	মৌলিক লজিক গেইটের সাহায্যে হাফ ও ফুল অ্যাডারের বাস্তবায়ন করুন।

সারসংক্ষেপ

কম্পিউটার সিস্টেমে যোগের মাধ্যমে গুণ, বিয়োগ, ভাগ ইত্যাদির কাজ করা যায়। আর যে সমবায় সার্কিট দ্বারা যোগ করা যায় তাকে এডার বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৭

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কম্পিউটার সিস্টেমে যে সমবায় সার্কিট দ্বারা যোগ করা যায় তাকে কি বলে?

ক) এডার খ) এনকোডার
গ) ডিকোডার ঘ) সবগুলোই

২। হাফ-অ্যাডারের সাহায্যে ফুল-অ্যাডারের বাস্তবায়ন কোনটি লাগে?

ক) অর গেট খ) অ্যান্ড গেট
গ) নর গেট ঘ) এক্স অর গেট

পাঠ-৬.৮ এনকোডার ও ডিকোডার

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- বিভিন্ন ধরনের এনকোডার এর কার্যাবলী, লজিক, লজিক ফাংশন ও চিত্র উপস্থাপন করতে পারবেন।
- বিভিন্ন ধরনের ডিকোডার এর কার্যাবলী, লজিক ফাংশন ও চিত্র উপস্থাপন করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	এনকোডার, ডিকোডার ।

৬.৮.১ এনকোডার

এনকোডার এমন একটি সমবায় সার্কিট যার দ্বারা সর্বাধিক 2^n টি ইনপুট থেকে n টি আউটপুট লাইনে 0 বা 1 আউটপুট পাওয়া যায়। যে কোন মুহূর্তে একটি মাত্র ইনপুট 1 ও বাকি সব ইনপুট 0 থাকে। এনকোডার বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। যেমন- ৪ থেকে ২ এনকোডার, ৮ থেকে ৩ এনকোডার ইত্যাদি।

কাজ ঃ এনকোডারের সাহায্যে যে কোন আলফানিউমেরিক বর্ণকে অ্যাসকি, ইবিসিডিক ইত্যাদি কোডে পরিণত করা যায়। সেজন্য ইনপুট ব্যবস্থায় কী-বোর্ডের সঙ্গে এনকোডার যুক্ত থাকে।

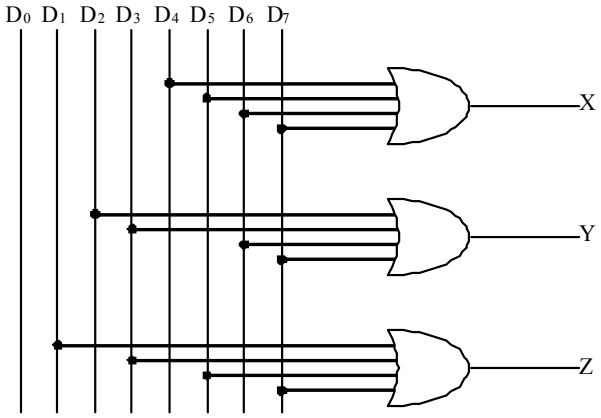
গঠন ঃ একটি 8 থেকে 3 এনকোডারে 8 টি ইনপুট থেকে 3 টি আউটপুট লাইন পাওয়া যায়। তাহলে এর সাহায্যে অকট্যাল সংখ্যাকে বাইনারি সংখ্যায় রূপান্তরিত করা যায়। এজন্য একে অকট্যাল থেকে বাইনারি এনকোডার বলে।

- **আউটপুট সমীকরণ :**

$X = D_4 + D_5 + D_6 + D_7$

$Y = D_2 + D_3 + D_6 + D_7$

$Z = D_1 + D_3 + D_5 + D_7$



চিত্র ৬.৮.১ : ৮ থেকে ৩ লাইন এনকোডার

ইনপুট								আউটপুট		
D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	X	Y	Z
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

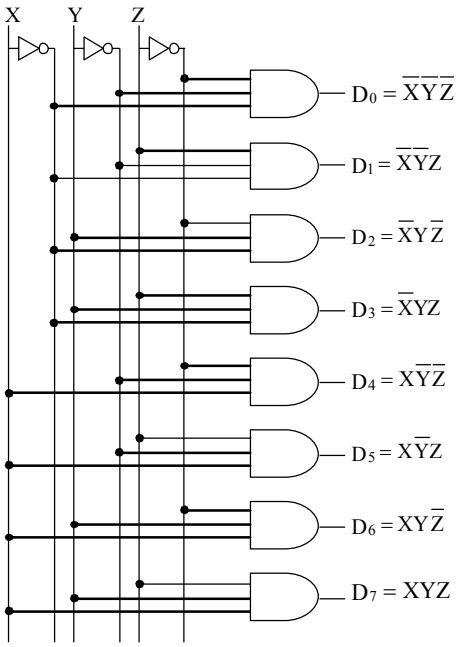
সত্যক সারণী

৬.৮.২ ডিকোডার

ডিকোডার হলো এমন একটি সমবায় সার্কিট যার সাহায্যে n টি ইনপুট থেকে সর্বাধিক 2^n টি আউটপুট লাইনের একটিতে 1 ও বাকি সবকটিতে 0 আউটপুট পাওয়া যায়। কখন কোন আউটপুট লাইনে 1 পাওয়া যাবে তা নির্ভর করে ইনপুটগুলোর মানের উপর।

কাজ ঃ n টি বিট দিয়ে 2^n টি বাইনারি সংখ্যা লেখা যায়। যেমন 3টি বিট দিয়ে 000(0) থেকে 111(7) পর্যন্ত $2^3 = 8$ টি বাইনারি সংখ্যা লেখা সম্ভব। সুতরাং আউটপুট লাইনগুলোকে 0,1,2 .... ইত্যাদি নম্বর দিলে ডিকোডারের সাহায্যে বাইনারি সংখ্যাকে দশমিক সংখ্যায় রূপান্তর করা যায়।

গঠন ঃ একটি 3 থেকে 8 (3 to 8) লাইন ডিকোডারে 3 টি ইনপুট থেকে $2^3 = 8$ টি আউটপুট লাইন পাওয়া যায়। নিম্নে 3 থেকে 8 (3 to 8) লাইন ডিকোডারের সত্যক সারণি দেখানো হলো-



চিত্র ৬.৮.২ : 3 থেকে 8(3 to 8) লাইন ডিকোডার

ইনপুট			আউটপুট							
X	Y	Z	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

সত্যক সারণী

ডিকোডারের ব্যবহার:

- ডিকোডারের সাহায্যে বিভিন্ন কোডকে যান্ত্রিক ভাষায় প্রকাশ করা যায়।
- ইউনিকোড ভাষায় লেখা তথ্যকে সাধারণ আকারে প্রকাশ করতে ডিকোডারের প্রয়োজন হয় ।
- কন্ট্রোল ইউনিটের বিভিন্ন নির্দেশ বাইনারি সংখ্যায় ডিকোড করতে ডিকোডার সাহায্য করে।

শিক্ষার্থীর কাজ	এনকোডার ও ডিকোডারের মধ্যে পার্থক্যের তালিকা তৈরি করুন।

সারসংক্ষেপ

এনকোডার হলো এমন এক ধরনের ইলেট্রনিক সার্কিট বা ডিজিটাল বর্তনী যা আলফাবেট বা মানুষের বোধগম্য ভাষাকে কম্পিউটারের বোধগম্য বা যান্ত্রিক ভাষায় রূপান্তর করে। অন্যদিকে ডিকোডার হলো এমন এক ধরনের ইলেট্রনিক সার্কিট বা ডিজিটাল বর্তনী যা কম্পিউটারে ব্যবহৃত ভাষাকে মানুষের বোধগম্য ভাষায় রূপান্তর করে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৮

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। ডিকোডারের ইনপুট সংখ্যা 4 হলে আউটপুট হবে–

ক. 4 খ. 8

গ. 16 ঘ. 32

২। কোন সার্কিটের সাহায্যে ডাটাকে কম্পিউটারের বোধগম্য ভাষায় রূপান্তর করা যায়?

ক. রেজিস্টার খ. কাউন্টার

গ. এনকোডার ঘ. ডিকোডার

পাঠ-৬.৯ ফ্লিপ-ফ্লপ

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- ফ্লিপ-ফ্লপ কি ও তার ব্যবহার বলতে পারবেন।
- বিভিন্ন ধরনের ফ্লিপ-ফ্লপের কার্যাবলি ব্যাখ্যা করতে করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	ফ্লিপ-ফ্লপ ।

৬.৯.১ ফ্লিপ ফ্লপ

ফ্লিপ-ফ্লপ লজিক গেইট দ্বারা তৈরি এক ধরনের মেমরি উপাদান যা একটি বাইনারি বিট সংরক্ষণ করতে পারে। ফ্লিপ-ফ্লপের দুটি স্থায়ী অবস্থা (0,1) আছে এবং ফ্লিপ-ফ্লপ দুটি স্থায়ী অবস্থার যে কোন একটিতে থাকতে পারে। ধরা যাক, এটি প্রথম অবস্থায় আছে, তাহলে এটি প্রথম অবস্থাতেই থাকবে যতক্ষণ না এতে বাইরে থেকে একটি তড়িৎপ্রবাহ, (যাকে বলে ট্রিগার (Trigger)) দেওয়া হচ্ছে। ফ্লিপ-ফ্লপের একটি আউটপুট অপর আউটপুটের বিপরীত হয়। অর্থাৎ একটি আউটপুট Q হলে অন্যটি $\overline{Q}$ হবে।

ফ্লিপ-ফ্লপের ব্যবহার

১। বিভিন্ন রেজিস্টার তৈরিতে ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহার করা হয়।
২। সিকোয়েন্সিয়াল সার্কিটে মেমরি উপাদান হিসেবে ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহার করা হয়।
৩। ডিজিটাল ঘড়ি, ডিজিটাল ক্যামেরা, মোবাইল ফোন ইত্যাদিতে ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহৃত হয়।

৬.৯.২ ফ্লিপ-ফ্লপের প্রকারভেদ

ফ্লিপ-ফ্লপ সাধারণত ৫ প্রকার। যথা–

১. SR ফ্লিপ-ফ্লপ,
২. D ফ্লিপ-ফ্লপ,
৩. JK ফ্লিপ-ফ্লপ,
৪. T ফ্লিপ-ফ্লপ ও
৫. মাস্টার-স্লেভ ফ্লিপ-ফ্লপ

SR ফ্লিপ-ফ্লপ

সবচেয়ে সরলতম ফ্লিপ-ফ্লপ হলো SR ল্যাচ বা SET-RESET বা SR ফ্লিপ-ফ্লপ। দুটি ন্যান্ড (NAND) গেইট অথবা নর গেইট (NOR) এমনভাবে যুক্ত থাকে যে একটির ইনপুট অন্যটির আউটপুটের সাথে সংযুক্ত অর্থাৎ ক্রস কাপলড (Cross Coupled) ভাবে সংযুক্ত থাকে। ন্যান্ড (NAND) বা নর (NOR) গেইট ব্যবহার করে SR ল্যাচ তৈরি করা যেতে পারে। SR ল্যাচে আউটপুট অবস্থাকে 1 বা HIGH করাকে সেট এবং ০ বা LOW করাকে রিসেট বলে।

ন্যান্ড ল্যাচ

ন্যান্ড ল্যাচ (NAND Latch) বা ন্যান্ড গেইট ব্যবহার করে তৈরি ফ্লিপ-ফ্লপের অপারেশন নিচে বর্ণনা করা হলো-

১। SET=RESET = 1

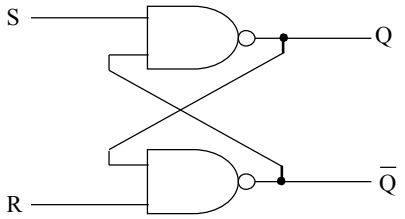
এটা স্বাভাবিক অবস্থা যা ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুটে কোন প্রভাব ফেলে না। এক্ষেত্রে Q ও $\overline{Q}$ এ আগের অবস্থাই থাকবে যা এই ইনপুট কার্যকর হওয়ার পূর্বে ছিল।

২। SET = 0, RESET = 1

এটা সবসময় আউটপুটকে Q = 1 স্টেটে উন্নীত করবে। এই অবস্থাকে ল্যাচ বা ফ্লিপ-ফ্লপকে সেট (SET) করা বলে।

৩। SET = 1 RESET = 0
এটা সবসময় আউটপুটকে Q = 0 অবস্থায় উন্নীত করবে। এ অবস্থাকে রিসেট (RESET) করা বলে।

৪। SET = RESET = 0



চিত্র ৬.৯.১ : ন্যান্ড ল্যাচ

এই অবস্থা ফ্লিপ-ফ্লপকে একই সময়ে SET ও RESET করতে চায় ফলে অস্বাভাবিক ফলাফল হতে পারে। আউটপুটে একই সময়ে $Q = \overline{Q} = 1$ হয় যদিও এটা কাম্য নয় কারণ ফ্লিপ-ফ্লপের দুটি আউটপুট যা একটি অপরটির বিপরীত হবে। SR ফ্লিপ-ফ্লপের এ অবস্থাকে অনিশ্চিত (Indeterminate) অবস্থা বা Race condition বলা হয়। এই অসুবিধার কারণে এ অবস্থা ব্যবহার করা হয় না।

অনুরূপভাবে NOR Latch বা নর গেইট ব্যবহার করে SR ফ্লিপ-ফ্লপ তৈরি করা যেতে পারে।

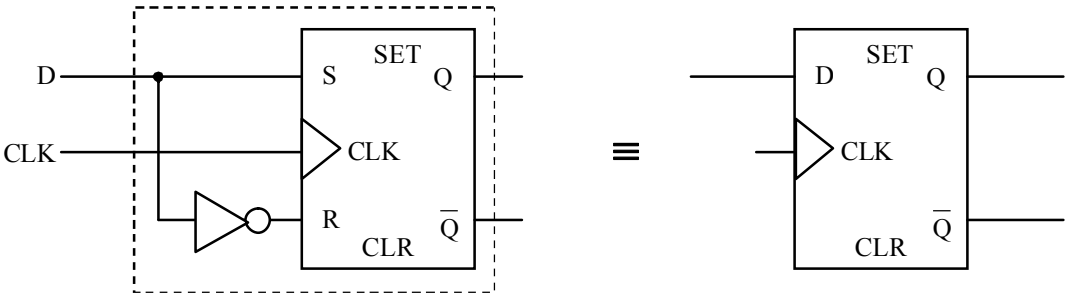
ন্যান্ড ল্যাচের বৈশিষ্ট্য সারণি		
S	R	Q
1	1	অপরিবর্তিত
0	1	1
1	0	0
0	0	অনিশ্চিত

ডি (D অর্থাৎ Data) ফ্লিপ-ফ্লপ

SR ফ্লিপ-ফ্লপের সামান্য পরিবর্তন করে D ফ্লিপ-ফ্লপ তৈরি করা হয়েছে। SR ফ্লিপ-ফ্লপের S এবং R এর মধ্যে একটি ইনভার্টার বসিয়ে এমন ব্যবস্থা করা হয়েছে যাতে S = R = 1 হওয়া অসম্ভব ফলে কোন অনিশ্চিত (Indetermine) অবস্থা বা Race condition তৈরি হয় না।

D ফ্লিপ-ফ্লপের বৈশিষ্ট্য সারণি		
D	CLK	Q
0	↑	0
1	↑	1

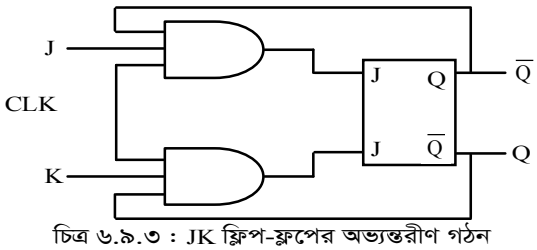
D ফ্লিপ-ফ্লপে একটি মাত্র ইনপুট D থাকে। এটি মূলত একটি ক্লকড SR ফ্লিপ-ফ্লপ যার S = D ও R = $\overline{D}$ ফ্লিপ-ফ্লপে বর্তমান আউটপুট পূর্বের আউটপুটের উপর নির্ভর করে না। আউটপুট ও ইনপুট সমান বলে D ফ্লিপ-ফ্লপকে স্বচ্ছ (Transparent) বলা হয়। D ফ্লিপ-ফ্লপকে D ল্যাচও বলে।



চিত্র ৬.৯.২ : D ফ্লিপ-ফ্লপ

JK ফ্লিপ-ফ্লপ

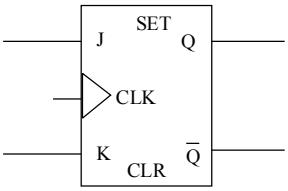
JK ফ্লিপ-ফ্লপ SR ফ্লিপ-ফ্লপের পরিশুদ্ধ রূপ। অর্থাৎ SR ফ্লিপ-ফ্লপের S = R = 1 ইনপুটে আউটপুট অনিশ্চিত থাকে। এই অসুবিধা দূর করা হয়েছে JK ফ্লিপ-ফ্লপে। JK ফ্লিপ-ফ্লপের অপারেশন নিচে বর্ণনা করা হলো :



চিত্র ৬.৯.৩ : JK ফ্লিপ-ফ্লপের অভ্যন্তরীণ গঠন

১। J=0, K=0

এটা JK ফ্লিপ-ফ্লপের স্বাভাবিক অবস্থা যা ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুট কোন প্রভাব ফেলে না। CLK তে ক্লক পালস দেওয়া হলেও Q এ আগের অবস্থাই (Q_0) থাকবে যা এই ইনপুট কার্যকর হওয়ার পূর্বে ছিল।



২। J=0, K=1

এই ইনপুট এবং CLK তে ক্লক পালস দেওয়া হলে সবসময় আউটপুটকে Q = 0 স্টেটে উন্নীত করবে। অর্থাৎ JK ফ্লিপ-ফ্লপকে JK ক্লিয়ার (CLEAR) করবে।

৩। J=1, K=0

এই ইনপুট এবং CLK তে ক্লক পালস দেওয়া হলে সবসময় আউটপুটে Q=1 অবস্থায় উন্নীত করবে। অর্থাৎ JK ফ্লিপ-ফ্লপকে সেট (SET) করবে।

৪। J=1, K=1

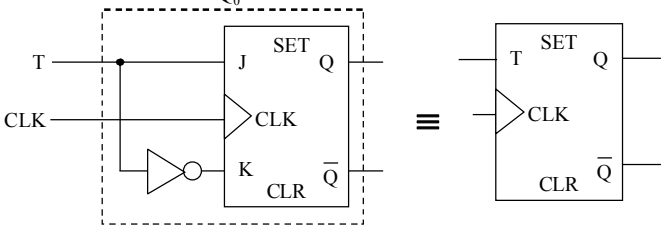
এই ইনপুট এবং CLK তে ব্লক পালস দেওয়া হলে JK ফ্লিপ-ফ্লপ আউটপুট টোগল করবে। অর্থাৎ ইনপুট দেওয়ার পূর্বের আউটপুট Q_0 হলে ইনপুট দেওয়ার পর বর্তমান আউটপুট $\overline{Q}_0$ হবে।

J	K	CLK	Q
0	0	↑	Q_0 (অপরিবর্তিত)
0	1	↑	1
1	0	↑	0
1	1	↑	$\overline{Q}_0$ (টোগল)

ক্লকড T ফ্লিপ-ফ্লপ

ক্লকড T ফ্লিপ-ফ্লপ হলো এক ইনপুট JK ফ্লিপ-ফ্লপ। JK ফ্লিপ-ফ্লপে J=K=T (সর্বদা) করে T ফ্লিপ-ফ্লপ তৈরি করা হয়েছে। T নামটা এসেছে Toggle শব্দ থেকে কারণ T=1 হলে $Q_t = \overline{Q}_0$ হয়।

T ফ্লিপ-ফ্লপের বৈশিষ্ট্য সারণি	
T	Q_t
0	Q_0
1	$\overline{Q}_0$



চিত্র ৬.৯.৪: T ফ্লিপ-ফ্লপ

শিক্ষার্থীর কাজ	নর গেইট ব্যবহার করে SR ফ্লিপ-ফ্লপের কার্যপ্রণালী লিখুন।

সারসংক্ষেপ

ফ্লিপ-ফ্লপ লজিক গেইট দ্বারা তৈরি এক ধরনের মেমরি উপাদান যা একটি বাইনারি বিট সংরক্ষণ করতে পারে। ফ্লিপ-ফ্লপের দুটি স্থায়ী অবস্থা (0,1) আছে এবং ফ্লিপ-ফ্লপ দুটি স্থায়ী অবস্থার যে কোন একটিতে থাকতে পারে। বিভিন্ন রেজিস্টার তৈরিতে ডিজিটাল ঘড়ি, ডিজিটাল ক্যামেরা, মোবাইল ফোন ইত্যাদিতে ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহৃত হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.৯

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। JK ফ্লিপ-ফ্লপে J=0, K=1 আউটপুট কত?

ক) 0 খ) 1

গ) Q_0 ঘ) কোনটাই নয়

২। D ফ্লিপ-ফ্লপে ইনপুট কয়টি?

ক) 4 খ) 3

গ) 2 ঘ) 1

পাঠ-৬.১০ রেজিস্টার

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- রেজিস্টার কি ও এর ব্যবহার বলতে পারবেন।
- বিভিন্ন ধরনের রেজিস্টার এর কার্যাবলী, চিত্র উপস্থাপন করতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	রেজিস্টার ।

৬.৮.২ রেজিস্টার

রেজিস্টার হলো ফ্লিপ ফ্লপের সমন্বয়ে গঠিত ডিজিটাল বর্তনী। রেজিস্টারের প্রতিটি ফ্লিপ-ফ্লপ এক বিট (Bit) তথ্য সংরক্ষণ করতে পারে। একটি n-bit রেজিস্টারে n সংখ্যক ফ্লিপ-ফ্লপ থাকে যা বাইনারি n-bit তথ্য সংরক্ষণ করতে পারে। ফ্লিপ-ফ্লপ ছাড়াও রেজিস্টারে কম্বিনেশনাল (Combinational) গেইট থাকতে পারে যা কোন ডাটা প্রসেসিংয়ের কাজ করতে পারে। রেজিস্টারে ডাটার স্থানান্তর তিনভাবে হতে পারে। যথা–

১। প্যারালাল স্থানান্তর
২। সিরিয়াল স্থানান্তর ও
৩। মিশ্রভাবে স্থানান্তর।

যদি একটি রেজিস্টারের সব বিট একসঙ্গে একই ক্লক পালসে অন্য রেজিস্টারে স্থানান্তরিত হয় তখন তাকে প্যারালাল ট্রান্সফার সমান্তরাল স্থানান্তর বলে। কিন্তু প্রতি ক্লক পালসে এক বিট হিসেবে ডাটা স্থানান্তরিত হলে তাকে সিরিয়াল ট্রান্সফার বা সিরিয়াল স্থানান্তর বলে। ডাটার স্থানান্তর উভয়ভাবেই যখন হয় তখন তাকে মিশ্রভাবে ট্রান্সফার বলে। প্যারালাল ট্রান্সফারে সময় কম লাগে বলে বেশিরভাগ কম্পিউটারে প্যারালাল ট্রান্সফার ব্যবহার করা হয়।

রেজিস্টারের ব্যবহার

১। রেজিস্টারে প্রোগ্রামার কোন কিছু জমা রাখতে পারে না, একমাত্র CPU-ই গণনার প্রয়োজনে রেজিস্টারে কোন কিছু সঞ্চিত রাখতে পারে।
২। রেজিস্টার প্রধান মেমরির অন্তর্গত না হলেও এর গঠন প্রধান মেমরির অনুরূপ হতে পারে। ক্যাশ মেমরি হিসেবে রেজিস্টার বহুল ব্যবহৃত হয়।
৩। তাছাড়া ক্যালকুলেটর এবং ঘড়িতেও রেজিস্টারের ব্যবহার দেখা যায়।

রেজিস্টারের প্রকারভেদ

গঠন অনুসারে রেজিস্টার বিভিন্ন প্রকার হতে পারে। যথা–

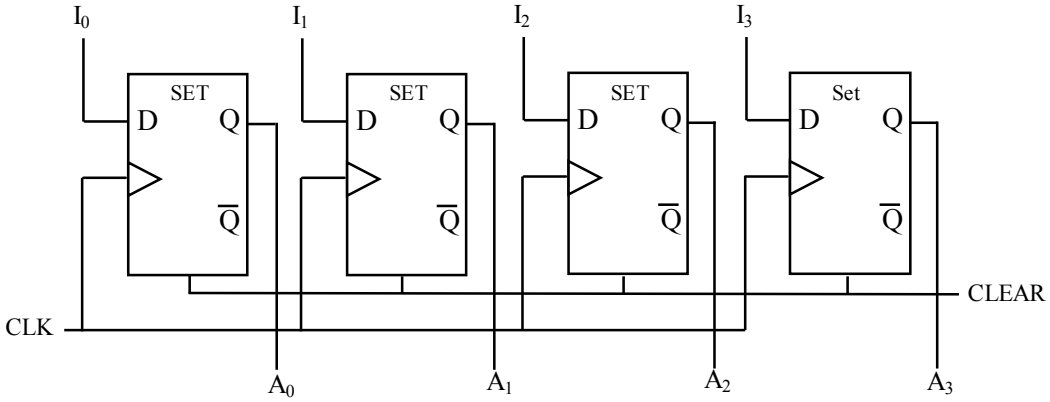
১। প্যারালাল লোড রেজিস্টার ও
২। শিফ্ট রেজিস্টার।

আবার কাজের প্রকৃতিভেদে রেজিস্টার বিভিন্ন প্রকার হতে পারে। যথা–

১। অ্যাকুমুলেটর (Accumulator)
২। সাধারণ ব্যবহারের রেজিস্টার
৩। বিশেষ ব্যবহারের রেজিস্টার ইত্যাদি।

রেজিস্টারের গঠন

কাজের প্রকৃতি ও গঠন অনুসারে রেজিস্টার বিভিন্ন প্রকার হয়। তবে সরল ও সাধারণ রেজিস্টারগুলো শুধুমাত্র ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিট দ্বারা গঠিত হয় এবং ক্লক পালস্ দ্বারা পরিচালিত। নিম্নে একটি 4 বিট রেজিস্টারের গঠন দেখানো হল যা 4 টি D টাইপ ফ্লিপ-ফ্লপ দ্বারা গঠিত।

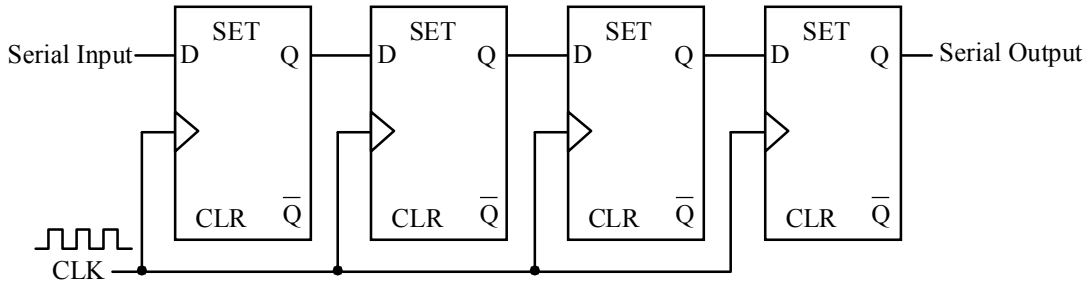


চিত্র ৬.১০.১ : 4 বিট রেজিস্টার

এই রেজিস্টারটি 4 বিটের বাইনারি সংখ্যা ধারণ ও সংরক্ষণ করতে পারে। একে বাফার রেজিস্টারও বলা হয়। ক্লক পালস্ যখন কমন ক্লক ইনপুটে দেয়া হয় তখন রেজিস্টারের I_0, I_1, I_2 ও I_3 ইনপুটের ডাটা রেজিস্টারে স্থানান্তরিত হয়। এই 4 বিট রেজিস্টারের আউটপুট A_0, A_1, A_2 ও A_3 হতে যে কোন সময় ডাটা গ্রহণ করা যায়। তবে যখন ফ্লিপ-ফ্লপের CLEAR এর ইনপুট ০ দেয়া হয় তখন এই 4 বিট রেজিস্টারের ডাটা রিসেট (Reset) হয়। আর সাধারণ অপারেশনের সময় CLEAR এ '1' পালস্ দিয়ে রাখতে হয়। রেজিস্টারের তথ্য অপরিবর্তিত রাখতে হলে সার্কিটের ক্লক পালস্ অফ রাখতে হয়।

শিফ্ট রেজিস্টার

যে রেজিস্টার বাইনারি ডাটাকে ডানদিক বা বাম দিকে বা উভয় দিকে সরাতে পারে তাকে শিফ্ট রেজিস্টার বলে। শিফ্ট রেজিস্টারে একগুচ্ছ ফ্লিপ-ফ্লপ চেইন আকারে একটির সাথে অপরটি যুক্ত থাকে যাতে একটি ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুট পরবর্তী ফিল্প-ফ্লপের ইনপুটের সাথে সংযুক্ত থাকে। সকল ফ্লিপ-ফ্লপে একটি কমন ক্লক পালস্ পায় যা একটি স্টেজ থেকে অপর স্টেজে শিফ্ট সূচনা করে। একটি সরলতম শিফ্ট রেজিস্টারের চিত্র নিচে দেওয়া হলো যেখানে শুধুমাত্র D টাইপ ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহার করা হয়েছে এবং একটি ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুট পরবর্তী ফ্লিপ-ফ্লপের ইনপুটের সাথে সংযুক্ত। সকল ফ্লিপ-ফ্লপে একটি কমন ক্লক পালস্ দেওয়া হয়। এক একটি পালসে এক একটি বিট সরানো হয়।



চিত্র ৬.১০.২ : D ফ্লিপ-ফ্লপ ব্যবহার করে একটি 4 বিট শিফ্ট লেফট

শিফ্ট রেজিস্টার কয়েক ধরনের হয়। যথা– শিফ্ট লেফট, শিফ্ট রাইট এবং কন্ট্রোলড শিফ্ট। কন্ট্রোলড শিফ্ট রেজিস্টার আবার দু'ধরনের হতে পারে। যথা- সিরিয়াল লোডিং ও প্যারালাল লোডিং।

শিক্ষার্থীর কাজ	রেজিস্টারের প্রয়োজনীয়তার উপর আপনার মতামত তুলে ধরুন।

সারসংক্ষেপ

ফ্লিপ ফ্লপের সমন্বয়ে গঠিত এক ধরনের ডিজিটাল বর্তনী হলো রেজিস্টার । রেজিস্টারের প্রতিটি ফ্লিপ-ফ্লপ এক বিট (Bit) তথ্য অস্থায়ীভাবে সংরক্ষণ করতে পারে। একটি n-bit রেজিস্টারে n সংখ্যক ফ্লিপ-ফ্লপ থাকে যা বাইনারি n-bit তথ্য সংরক্ষণ করতে পারে। ক্যাশ মেমরি হিসেবে রেজিস্টার বেশি ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া ক্যালকুলেটর এবং ঘড়িতেও রেজিস্টারের ব্যবহার দেখা যায়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১০

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। শিফ্ট রেজিস্টার কোনটি?

ক) শিফ্ট লেফট খ) কন্ট্রোলড শিফ্ট

গ) শিফ্ট রাইট ঘ) সবগুলোই

২। Resister ব্যবহার করা যায়-

i. 0, 1 স্টোর করতে

ii. 0 ও 1 যোগ করতে

iii. Data Shift করতে

নিচের কোনটি সঠিক ?

ক.i ও ii খ.i ও iii

গ.ii ও iii ঘ.i, ii ও iii

পাঠ-৬.১১ কাউন্টার

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি–

- কাউন্টার এর কার্যাবলী উপস্থাপন করতে পারবেন।
- কাউন্টার এর ব্যবহার সম্পর্কে বলতে পারবেন।
- কাউন্টার এর প্রকারভেদ জানতে পারবেন।

	মুখ্য শব্দ	কাউন্টার।

৬.১১.১ কাউন্টার

কাউন্টার হলো এমন একটি সিকুয়েন্সিয়াল সার্কিট যা এর মধ্যে প্রদানকৃত ইনপুট পালসের সংখ্যা গুণতে পারে। কাউন্টারের ইনপুট পালস্ (যাকে কাউন্ট পালস্ও বলে) ক্লক পালস্ বা অন্য কোন পালস্ হতে পারে। কাউন্ট নির্দিষ্ট সময় পরপর আসতে পারে বা অনিয়মিতভাবেও আসতে পারে। কাউন্টার বিভিন্ন সিকুয়েন্স (Sequence) বা ক্রম অনুসরণ করতে পারে তবে সবচেয়ে সরল ও সহজ সিকুয়েন্স হলো বাইনারি সিকুয়েন্স। যে কাউন্টার বাইনারি সিকুয়েন্স অনুসরণ করে তাকে বাইনারি কাউন্টার বলেন। একটি n বিট বাইনারি কাউন্টার হলো n টি ফ্লিপ-ফ্লপ এবং সংশ্লিষ্ট গেইট যা বাইনারি n বিট অর্থাৎ 0 থেকে 2^n -1 পর্যন্ত গণনার সিকুয়েন্সকে অনুসরণ করতে পারে।

কাউন্টার সর্বাধিক যতটি সংখ্যা গুণতে পারে তাকে তার মডিউলাস (Modulus) বা মোড নাম্বার বলে। কোন কাউন্টারে n টি ফ্লিপ-ফ্লপ থাকলে তার মডিউলাস 2^n। কোন কাউন্টারের ফ্লিপ-ফ্লপের সংখ্যা বৃদ্ধি করে মোড নাম্বার বা মডিউলাস বৃদ্ধি করা যায়।

কাউন্টারের ব্যবহার

ডিজিটাল ইলেক্ট্রনিক্সে কাউন্টারের ব্যাপক ব্যবহার লক্ষ্য করা যায়। যেমন–

১। ক্লক পালসের সংখ্যা গণনার কাজে
২। টাইমিং সিগনাল প্রদানের কাজে
৩। ডিজিটাল ঘড়িতে
৪। ডিজিটাল কম্পিউটারে
৫। অ্যানালগ সিগনালকে ডিজিটাল সিগনালে রূপান্তর করার কাজে ব্যবহার করা; ইত্যাদি।

৬.১১.২ কাউন্টারের প্রকারভেদ

ডিজিটাল ইলেক্ট্রনিক্সে বিভিন্ন ধরনের কাউন্টার ব্যবহার করা হয়। যেমন–

১। সিনক্রোনাস কাউন্টার (Synchronous counter)- এ ধরনের কাউন্টারে একটি মাত্র ক্লক পালস দিয়ে সব ফ্লিপ-ফ্লপের অবস্থার পরিবর্তন ঘটায়। যেমন- রিং কাউন্টার, মড-10 কাউন্টার ইত্যাদি হলো সিনক্রোনাস কাউন্টার।

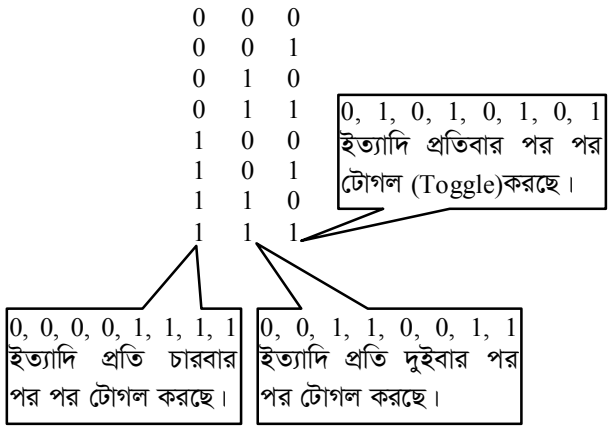
২। অ্যাসিনক্রোনাস কাউন্টার (Asynchronous counter)-এ ধরনের কাউন্টারে একটি ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুট অন্য ফ্লিপ-ফ্লপের ক্লক পালস হিসেবে কাজ করে। যেমন–রিপল কাউন্টার।

রিপল কাউন্টার আবার দু'ধরনের। যথা–রিপল আপ কাউন্টার ও রিপল ডাউন কাউন্টার।

৬.১১.৩ কাউন্টারের গঠন (রিপল কাউন্টার)

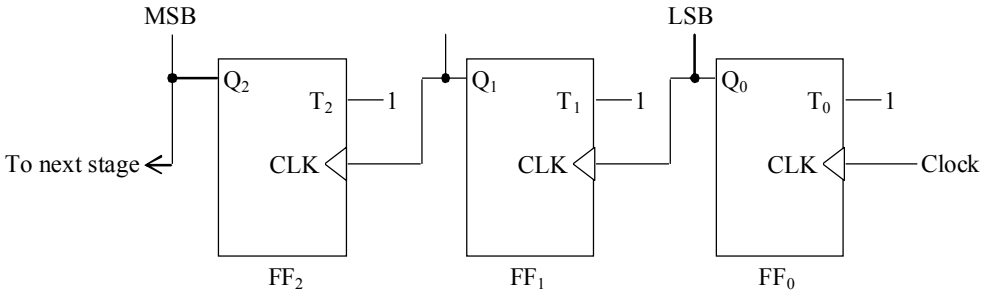
রিপল কাউন্টার হলো অ্যাসিনক্রোনাস বাইনারি কাউন্টার। রিপল কাউন্টারে একটি ফ্লিপ-ফ্লপের অবস্থার পরিবর্তনের সাথে অপর ফ্লিপ-ফ্লপকে প্রভাবিত করে।

বাইনারি সংখ্যা কিভাবে কাউন্টার কাউন্ট করে তা নিম্নে দেখানো হয়েছে। লক্ষ্য করার বিষয় হচ্ছে লিস্ট সিগনিফিকেন্ট বিটটি (LSB) প্রতিবার টোগল করছে। দ্বিতীয় স্থানের অংকটি প্রতি দুইবার পর পর টোগল করছে এবং তৃতীয় স্থানের অংকটি প্রতি চারবার পর পর টোগল করছে।



চিত্র ৬.১১.১ : কাউন্টার

রিপল কাউন্টার টোগল ফ্লিপ-ফ্লপ দ্বারা তৈরি করা যায় যা সবসময় টোগল মোডে কাজ করবে। T টাইপ ফ্লিপ-ফ্লপ একটি টোগল ফ্লিপ-ফ্লপ।



চিত্র ৬.১১.২ : 3 বিট রিপল কাউন্টার

কার্যপ্রণালী ঃ

১. FF_0 তে সিগনাল দিলে টোগল করবে অর্থাৎ প্রতিবার 0 থেকে 1 বা 1 থেকে 0 হবে।

২. Q_0 কে FF_1 এর ক্লক পালস্ হিসেবে দিলে FF_1 কাজ করবে। যখন $Q_0 = 1$ হয় তখন FF_2 টোগল করবে অর্থাৎ প্রতি ২ বার পর পর টোগল করবে।

৩. অনুরূপ Q_1 কে FF_2 এর ক্লক পালস হিসেবে যুক্ত করলে, $Q_1 = 1$ হলে FF_2 টোগল করবে। সুতরাং FF_2 প্রতি চার বার অন্তর টোগল করবে। এভাবে রিপল কাউন্টার কাজ করে।

শিক্ষার্থীর কাজ	অ্যাসিনক্রোনাস ও সিনক্রোনাস কাউন্টারের মধ্যে পার্থক্যের তালিকা তৈরি করুন।

সারসংক্ষেপ

কাউন্টার হলো এমন একটি সিকুয়েন্সিয়াল সার্কিট যা এর মধ্যে প্রদানকৃত ইনপুট পালসের সংখ্যা গুণতে পারে। একটি n বিট বাইনারি কাউন্টার n টি ফ্লিপ-ফ্লপ এবং সংশ্লিষ্ট গেইট নিয়ে গঠিত যা বাইনারি n বিট অর্থাৎ 0 থেকে 2^n -1 পর্যন্ত গণনার সিকুয়েন্সকে অনুসরণ করতে পারে। ডিজিটাল কম্পিউটারে, ডিজিটাল ঘড়িতে, টাইমিং সিগনাল প্রদানে ইত্যাদি কাজে কাউন্টার ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৬.১১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কাউন্টার সর্বাধিক যতটি সংখ্যা গুণতে পারে তাকে কি বলে?

ক) মোড নাম্বার খ) কাউন্টার নাম্বার
গ) ফ্লিপ-ফ্লপ ঘ) সবগুলো

২। ডিজিটাল ইলেক্ট্রনিক্সে কাউন্টার কত ধরনের?

ক) 2 খ) 3
গ) 4 ঘ) 5

পাঠোত্তর মূল্যায়ন- ইউনিট ৬

ক. জ্ঞান দক্ষতা স্তর

১। লজিক গেইট কী?

২। এডার কী?

৩। ফ্লিপ ফ্লপ কী ?

৪। কাউন্টার কী ?

খ. অনুধাবন দক্ষতা স্তর

১। 1+1 = 1 ব্যাখ্যা করুন।

২। "সত্যক সারণি ব্যবহার করে লজিক বর্তনী আঁকা সম্ভব" - ব্যাখ্যা করুন।

৩। যান্ত্রিক ভাষাকে মানুষের ভাষায় বোঝানোর উপযোগী লজিক সার্কিটটি ব্যাখ্যা করুন।

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

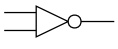
ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। বুলিয়ান যোগ '+' দ্বারা কোন অপারেটরকে বুঝায়?

ক. 'অথবা' অপারেটর খ. 'এবং' অপারেটর
গ. 'না' অপারেটর ঘ. 'কিন্তু' অপারেটর

২। নিচের কোনটি 'OR' গেইটের প্রতিক?

ক.  খ.

গ. ঘ.

৩। কোন গেইট এর মাধ্যমে সকল মৌলিক গেইটের কাজ করা যায়?

ক. AND Gate খ. OR Gate
গ. NAND Gate ঘ. NOT Gate

৪। OR গেইট ও NOT গেইটের সমন্বিত গেইটকে কী বলে?

ক. XOR গেইট খ. XNOR গেইট
গ. NAND গেইট ঘ. NOR গেইট

খ. বহুপদি সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

১। NAND গেইট গঠিত হয়-

i. AND -গেইট দ্বারা
ii. OR- গেইট দ্বারা
iii. NOT - গেইট দ্বারা
নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i ও ii খ. i ও iii
গ. ii ও iii ঘ. i, ii ও iii

২। ডিজিটাল সিস্টেমে মৌলিক লজিক গেইট হিসেবে ব্যবহার করা হয়-

i. AND গেইট
ii. OR গেইট
iii. NOR গেইট
নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i খ. i ও ii
গ. ii ও iii ঘ. i, ii ও iii

গ. অভিন্ন তথ্যভিত্তিক বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

নিচের উদ্দীপকের আলোকে ১ ও ২ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দিনঃ

লজিক গেইট সংক্রান্ত আলোচনা শেষে শিক্ষক বোর্ডে লিখলেন- $E\overline{F} + EF + EG$

১। উদ্দীপকের সমীকরণটির ফলাফল কত?

ক. EF খ. E

গ. F ঘ. G

২। উদ্দীপকের সমীকরণের ফলাফলের সাথে H যোগ করে NOT এর ভিতর দিয়ে পরিচালিত করা হলে তৈরি হবে -

i.যৌগিক গেইট ii.নর গেইট iii.সার্বজনীন গেইট
নিচের কোনটি সঠিক ?

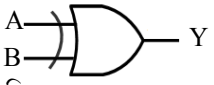
ক.i ও ii খ.i ও iii
গ.ii ও iii ঘ.i, ii ও iii

সৃজনশীল প্রশ্ন

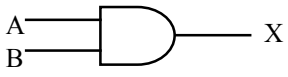
১। আতিক সাহেব তার শয়ন কক্ষে ফ্যান চালানোর জন্য বেড সুইচ ব্যবহার করেন। ঠান্ডা অনুভূত হওয়ায় তিনি বেড সুইচটি অফ করলেন। ফলে ফ্যানটি বন্ধ হয়ে গেল। ফ্যানের একটি সুইচ খোলা থাকা সত্ত্বেও ফ্যানটি বন্ধ হয়ে যাওয়ায় তিনি চিন্তা করলেন এটি কিভাবে সম্ভব?

ক. এনকোডার কী? ১
খ. OR গেইটের তুলনায় XOR গেট এর সুবিধা– ব্যাখ্যা করুন। ২
গ. উদ্দীপকের সার্কিটটি অংকন করে ফ্যান বন্ধ হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করুন। ৩
ঘ. উদ্দীপকের সার্কিটটি কি পরিবর্তন করলে একটি সুইচ বন্ধ করলেও ফ্যানটি বন্ধ হবে না? ব্যাখ্যা করুন। ৪

২। নিচের চিত্রটি লক্ষ্য করুন এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দিন :



চিত্র:১



চিত্র : ২

ক. কাউন্টার কী ? ১

খ. বুলিয়ান এ্যালজেবরা ও সাধারণ অ্যালজেবরা এক নয়- ব্যাখ্যা করুন। ২

গ. চিত্র-১ এর সত্যক সারণি তৈরি করুন। ৩

ঘ. চিত্র-১ ও চিত্র-২ লজিক গেইটের সাহায্যে কোন এডার তৈরি করা যায় তা চিত্রসহ ব্যাখ্যা করুন। ৪

৩। নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য করুন এবং প্রশ্নগুলোর উত্তর দিন:

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

ক. BCD কী? ১

খ. 1+1 = 1 ব্যাখ্যা করুন। ২

গ. উদ্দীপকের ফাংশনটির আলোকে সত্যক সারণী তৈরি করুন। ৩

ঘ. উদ্দীপকের ফাংশনটি কি শুধু NAND গেইটের সাহায্যে বাস্তবায়ন করা সম্ভব? বিশ্লেষণ করুন। ৪

উত্তরমালা :

পাঠ - ৬.১	১	ঘ	২	ঘ
পাঠ - ৬.২	১	ক	২	ঘ
পাঠ - ৬.৩	১	ক	২	ক
পাঠ - ৬.৪	১	গ	২	ক
পাঠ - ৬.৫	১	ক	২	খ
পাঠ - ৬.৬	১	গ	২	গ
পাঠ - ৬.৭	১	ক	২	ক
পাঠ - ৬.৮	১	গ	২	গ
পাঠ - ৬.৯	১	ক	২	ঘ
পাঠ - ৬.১০	১	ঘ	২	খ
পাঠ - ৬.১১	১	ক	২	ক

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

ক. সাধারণ বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

১ ক ২ খ ৩ গ ৪ ঘ

খ. বহুপদি সমাপ্তিসূচক বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

১ খ ২ খ

গ. অভিন্ন বহুনির্বাচনী প্রশ্ন

১ খ ২ ঘ