অধ্যায়-১
ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্সের মৌলিক ধারণা
(Concept of Digital Electronics)

১.১ ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স ও ডিজিটাল সিগন্যালের সংজ্ঞা (Definition of digital electronics and digital signal) ঃ

ডিজিটাল ইলেকট্রনিক্স (Digital electronics) ঃ

ডিজিটাল (Digital) শব্দের অর্থ যে সংকেত বা প্রতীকের মাত্র দুটি নির্ধারিত স্তর থাকে, কোনো অজানা অবস্থা থাকে না এবং যার স্তর দুটি সময়ের সাথে ধাপে ধাপে পরিবর্তিত হয় এবং ধাপসমূহের মান নির্দিষ্ট থাকে। "ইলেকট্রনিক্স এর যে শাখায় Digital সংখ্যা, সংকেত এবং বিভিন্ন Digital সার্কিট এর গঠন, কার্যপ্রণালি, ডিজাইন সম্পর্কে বিস্তারিত বিশ্লেষণ ও আলোচনা করা হয়, তাকে Digital electronics বলা হয়।"

ডিজিটাল ঘড়ি, মাইক্রো কম্পিউটার, ক্যালকুলেটর ইত্যাদি ডিজিটাল পদ্ধতির জনপ্রিয় উদাহরণ।

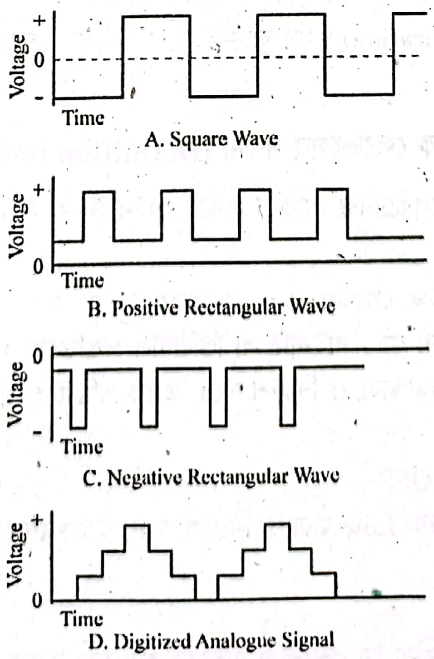
ডিজিটাল সিগন্যাল (Digital signal) ঃ

যে সিগন্যালের দুটি মাত্র অবস্থা (State) থাকে, যার একটিকে হাই স্টেট (High state) বা 1 বা ON এবং অন্যটি লো স্টেট (Low state) বা '0' বা OFF বলে এবং এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় যেতে কোনো সময়ের প্রয়োজন হয় না, তাকে ডিজিটাল সিগন্যাল বলে।

১.২ ডিজিটাল সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of digital signal) ঃ

১। এই সিগন্যাল এক অবস্থা থেকে অন্য অবস্থায় হঠাৎ পরিবর্তন হয়।
২। এই সিগন্যাল স্তরে স্তরে (Step-by-step) পরিবর্তন হয়।
৩। লো এবং হাই লেভেলের মান নির্দিষ্ট।
৪। মাত্র দুটি নির্ধারিত লেভেল থাকে।
৫। হাই এবং লো-লেভেলের মাঝে কোনো মান বিদ্যমান নয়।
৬। ডিজিটাল সিগন্যাল দ্বারা পরিচালিত সার্কিটকে ডিজিটাল সার্কিট এবং ডিভাইসসমূহকে ডিজিটাল ডিভাইস বলে।

চিত্র ঃ ১.১-এ কয়েকটি ডিজিটাল সিগন্যালের নমুনা দেয়া হলো–



চিত্র ঃ ১.১ কয়েকটি ডিজিটাল সিগন্যালের উদাহরণ

CamScanner

নিম্নে কয়েকটি Digital device এর নাম উল্লেখ করা হলো–

1. Digital watch
2. Digital radio
3. Digital computer
4. Digital monitor
5. Digital thermometer
6. Digital television
7. Mobile
8. Calculator.

১.৩ ডিজিটাল মোডে কাজের সুবিধাসমূহ (State the advantages of working in digital mode) ঃ

অ্যানালগ সিগন্যালের তুলনায় ডিজিটাল সিগন্যাল প্রসেসিং এর সুবিধা অনেক বেশি। এ প্রসঙ্গে নিম্নলিখিত বিষয়গুলো তাৎপর্যপূর্ণ–

১। **বৈদ্যুতিক নয়েজ (Electrical noise) ঃ** ইলেকট্রিক মোটর, বিদ্যুৎচুম্বকীয় তরঙ্গ, বজ্রপাত প্রভৃতির কারণে বর্তনীতে সৃষ্ট অপ্রত্যাশিত সংকেত দ্বারা আক্রান্ত অ্যানালগ সংকেতে ঈপ্সিত মানের পরিবর্তন হওয়া অসম্ভব নয়। কিন্তু দুটি মান স্বীকৃত স্তরে থাকায় ডিজিটাল সংকেত অবাঞ্ছিত বৈদ্যুতিক নয়েজ (Noise) দ্বারা কম আক্রান্ত হয়।

২। **খরচ (Cost) ঃ** অ্যানালগ বর্তনীর যন্ত্রাংশ; যেমন– অ্যামপ্লিফায়ার, ফিল্টার ইত্যাদি বেশ ব্যয়বহুল। অপরপক্ষে, ডিজিটাল বর্তনীর প্রকৃতি সরল এবং বাণিজ্যিক হারে একীভূত বর্তনী বা ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট হিসাবে অনেক বর্তনী তৈরি হয় বলে দামেও সস্তা।

৩। **প্রদর্শন (Presentation) ঃ** অ্যানালগ পদ্ধতিতে কাঁটা দিয়ে পরিমাপ দেখানো হয় বলে 5 ভোল্টকে 4.95 অথবা 5.05 পড় অস্বাভাবিক নয় কিন্তু ডিজিটাল পদ্ধতিতে ফলাফল সংখ্যায় দেখানো হয় বলে এ ধরনের ভুলের সম্ভাবনা থাকে না।

৪। **তথ্য সংরক্ষণ (Data preservation) ঃ** ডিজিটাল পদ্ধতিতে তথ্য সংরক্ষণ, অ্যানালগ পদ্ধতির চেয়ে সহজ ও কম ব্যয়বহুল।

৫। **নির্ভরশীলতা (Dependency) ঃ** অধিকাংশ ডিজিটাল বর্তনী একীভূত বর্তনী দিয়ে তৈরি হয়, ফলে সংযোগ খরচ কম হ এবং পদ্ধতি দীর্ঘদিন ধরে নির্ভুলভাবে কাজ করে। সময়ের সাথে বর্তনীর বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন, পুরানো বা পুড়ে যাওয় যন্ত্রাংশ এবং যন্ত্রাংশ গরম হওয়া প্রভৃতি কারণে অ্যানালগ বর্তনীর নির্ভরশীলতা কম।

৬। **ভুল নির্ণয় ও রক্ষণাবেক্ষণ (Error detection and maintenance) ঃ** ডিজিটাল বর্তনীতে সংকেতের 0 এবং 1 এই দু মাত্র অবস্থা থাকায় ভুল নির্ণয় সহজ। একীভূত বর্তনীর সবগুলো গ্রহণমুখ সংকেতের অবস্থা নির্ণয়ও সহজ। অ্যানাল বর্তনীতে বিভিন্ন স্থানে সংকেতের মানের বিভিন্নতার জন্য ভুল নির্ণয় কষ্টকর। মোটকথা ডিজিটাল প্রক্রিয়ায় তৈরি বর্তনী মেরামত ও রক্ষণাবেক্ষণ অ্যানালগ বর্তনীর তুলনায় অনেক সহজ।

৭। **আইসি ফেব্রিকেশন (IC Fabrication) ঃ** সম আকৃতির IC তে অ্যানালগের তুলনায় বহুগুণে বেশি পরিমাণ Digital c fabricate করা যায়।

১.৪ ডিজিটাল সিগন্যালের লজিক লেভেলের বর্ণনা (Definition logic level of digital signal) ঃ

লজিক লেভেল (Logic level) ঃ ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে একটি ফাইনাইট বা সীমাবদ্ধ বা সসীম মানের ভোল্টেজ বা সিগন্যাল অবস্থানকে লজিক লেভেল বলে।

ডিজিটাল বর্তনীতে ২টি ভিন্ন ভোল্টেজ লেভেল (Level) ব্যবহৃত হয়; যথা– উচ্চ Voltage level যাকে High এবং নি ভোল্টেজ লেভেল যাকে Low দ্বারা বুঝানো হয়। বাইনারি বা ডিজিটাল পদ্ধতিতে '1' দ্বারা High এবং '0' দ্বারা Low নির্দেশ ক হয়। যে পদ্ধতিতে High দ্বারা '1' এবং Low দ্বারা '0' নির্দেশ করে, তাকে পজিটিভ লজিক (Positive logic) বলে।

অর্থাৎ Positive লজিকে,

High = 1 বা ON এবং Low = 0 বা OFF

আবার যে পদ্ধতিতে High দ্বারা '0' এবং Low দ্বারা '1' নির্দেশ করে, তাকে নেগেটিভ লজিক (Negative logic) বলে।

অর্থাৎ Negative লজিকে,

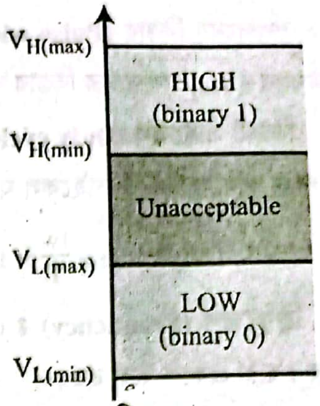
High = 0 এবং Low = 1

অর্থাৎ '1' এবং '0' কে নির্দেশ করার জন্য যে ভোল্টেজ ব্যবহার করা হয়, তাকে লজিক লেভেল (Logic level) বলে। এটি দু প্রকার; যথা– (i) High logic level (ii) Low logic level.

CS CamScanner

নির্ধারিত Minimum এবং Maximum ভোল্টেজের মধ্যকার Level কে High এবং অনুরূপভাবে Minimum এবং Maximum ভোল্টেজের মধ্যকার Level-কে Low ধরা হয়। গৃহীত High level এবং Low level এর মধ্যে কোনো Overlap থাকে না। নিচে Logic level এর চিত্র দেখানো হলো–

চিত্র ১.২ দ্বারা একটি ডিজিটাল বর্তনীর High এবং Low লজিক লেভেল দেখানো হয়েছে। এখানে $V_{H(max)}$ দ্বারা Maximum high ভোল্টেজ মান এবং $V_{H(min)}$ দ্বারা Minimum high ভোল্টেজ মান এবং $V_{L(max)}$ দ্বারা Maximum low ভোল্টেজ মান এবং $V_{L(min)}$ দ্বারা Minimum low ভোল্টেজ মান বুঝানো হয়েছে। $V_{L(max)}$ এবং $V_{H(min)}$ এর মধ্যকার ভোল্টেজ মান সঠিকভাবে পরিচালনার (Operation) জন্য অগ্রহণযোগ্য। অগ্রহণযোগ্য রেঞ্জের ভোল্টেজ সার্কিটে কখনো ব্যবহার করা যাবে না। উদাহরণস্বরূপ– একটি TTL ডিজিটাল বর্তনীর High লজিক লেভেল ভোল্টেজ রেঞ্জ 2V থেকে 5V এবং Low লেভেল ভোল্টেজ রেঞ্জ 0V থেকে 0.8V। যদি উক্ত সার্কিটে 3.5V কে High বা বাইনারি '1' এবং 0.5V কে Low বা বাইনারি '0' হিসেবে প্রয়োগ করা হয়, তবে উক্ত সার্কিট এই Level দ্বয়কে গ্রহণ করবে। তাই এ ধরনের সার্কিটে 0.8V থেকে 2V রেঞ্জের ভোল্টেজ লেভেল অগ্রহণযোগ্য এবং কখনও ব্যবহার করা হয় না।



চিত্র ঃ ১.২

১.৫ ডিজিটাল পালস তরঙ্গাকৃতির প্যারামিটারসমূহ (Mention the parameters of a digital pulse waveform) ঃ

ডিজিটাল পালস তরঙ্গাকৃতির প্যারামিটারসমূহ নিম্নে দেয়া হলো–

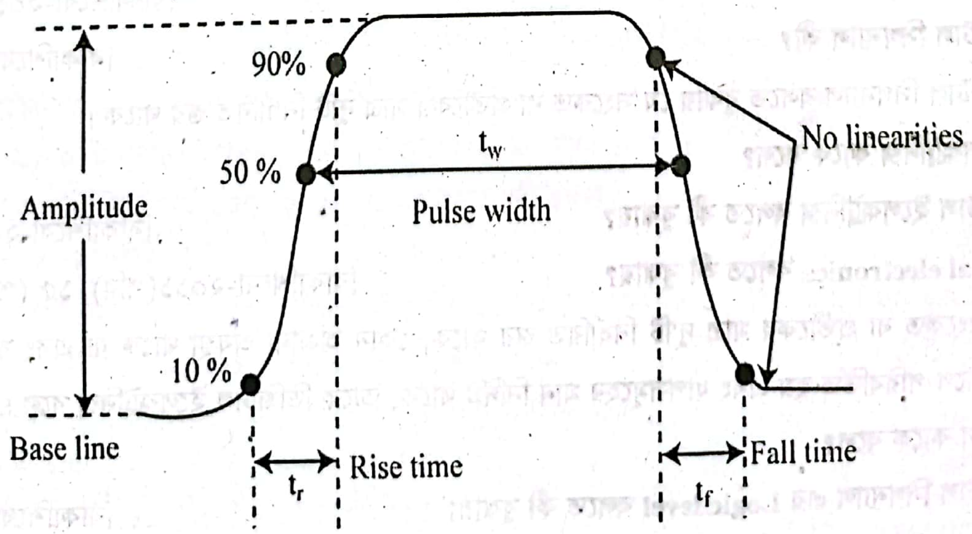
(ক) রাইজিং টাইম
(খ) ফলিং টাইম
(গ) স্পন্দনের বিস্তার
(ঘ) ডিউটি সাইকেল
(ঙ) ফ্রিকুয়েন্সি
(চ) টাইম পিরিয়ড ইত্যাদি।

১.৬ রাইজ টাইম, ফল টাইম, পালস ওয়াইডথ এবং ডিউটি সাইকেলের বর্ণনা (Describe rise time, fall time, pulse width and duty cycle) ঃ

নিম্নে সংকেতের বিভিন্ন অবস্থা নিয়ে বিশদ ব্যাখ্যা দেয়া হলো–

রাইজিং টাইম (Rising time or Rise time) ঃ কোনো ডিজিটাল সিগন্যাল বা পালসের Low level থেকে High level-এ পৌঁছতে যে সময় লাগে তাকে রাইজিং টাইম বা রাইজ টাইম বলে। ১.৩ নং চিত্রে একে t_r দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একটি পালস ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডের 10% থেকে 90% সময় পর্যন্ত রাইজ টাইম সম্পন্ন হয়।



চিত্র ঃ ১.৩ Non ideal pulse characteristics