VIDYA
Prakashan Mandir [P] Ltd.

डिस्क्लेमर

इस पुस्तक को यथासम्भव शुद्ध एवं त्रुटिरहित प्रस्तुत करने का भरसक प्रयास किया गया है, फिर भी इसमें कोई कमी अथवा त्रुटि अनिच्छाकृत ढंग से रह गयी हो तो उससे कारित क्षति अथवा सन्ताप के लिए लेखक, प्रकाशक एवं मुद्रक का कोई दायित्व नहीं होगा। इस पुस्तक में रह गयी तथ्यात्मक त्रुटि तथा अन्य किसी कमी के लिए विद्वत् पाठकगण से भूल-सुधार/सुझाव आमन्त्रित है। प्राप्त सुझावों अथवा त्रुटियों का समायोजन आगामी संस्करण में कर दिया जाएगा। किसी भी विवाद के लिए न्यायिक क्षेत्र केवल मेरठ (उ०प्र०) होगा।

© प्रकाशकाधीन

सम्पूर्ण पाठ्य-सामग्री के सर्वाधिकार सुरक्षित है। प्रकाशक की लिखित अनुमति के बिना इस पुस्तक का नाम, टाइटिल डिजाइन तथा पाठ्य-सामग्री आदि को पूर्ण या आंशिक रूप से तोड़-मरोड़कर प्रकाशित करना प्रतिबंधित है। ऐसा करने वाले पर कानूनी कार्यवाही की जायेगी तथा वह स्वयं समस्त हर्जे-खर्चे व हानि का जिम्मेदार होगा।

प्रशासनिक कार्यालय

पंजीकृत कार्यालय
G-8, नारायण मंज़िल, 23 बाराखम्बा रोड,
कनॉट प्लेस, नई दिल्ली—110001
e : crm@vidyaprakashan.com; www.vidyaprakashan.com

प्रधान कार्यालय
विद्या इण्डस्ट्रियल एस्टेट,
बागपत रोड, मेरठ - 250 002 (दिल्ली-एन०सी०आर०)
Tel : +91-121-7130642-43; Fax : +91-121-2439233

नवीनतम् संस्करण

लेसर टाइपसेटिंग एवं मुद्रण
विद्या प्रकाशन मन्दिर प्रा० लि०

New Syllabus

1. Basics of Measurements

- Measurement, method of measurement, types of instruments.
- Specifications of instruments : Accuracy, precision, sensitivity, resolution, range, errors in measurement sources of errors, limiting errors, loading effect, importance and applications of standards and calibration.

2. Voltage, Current and Resistance Measurements

- Principles of measurement of DC voltage, DC current, AC voltage, AC current.
- Principles of operation and construction of permanent magnet moving coil (PMMC) instruments and moving iron type instruments.

3. Cathode Ray Oscilloscope

- Construction and working of Cathode Ray Tube (CRT)
- Block diagram description of a basic CRO and triggered sweep oscilloscope, front panel controls.
- Specifications of CRO and their explanation.
- Measurement of current, voltage, frequency, time period and phase using CRO.
- Digital storage oscilloscope (DSO) : block diagram and working principle.
- Working Principle of spectrum analyser.

4. Impedance Bridge Q Meters

- Wheatstone bridge
- AC bridges : Maxwell's induction bridge, Hay's bridge, De-Sauty's bridge, Schering bridge and Anderson bridge.
- Bock diagram description of laboratory type RLC bridge, specifications of RLC bridge
- Block diagram and working principle of Q meter

5. Signal Generators and Analytical Instruments

- Explanation of block diagram specifications of low frequency and RF generators, pulse generator, function generator
- Distortion factor meter
- Instrumentation amplifier : its characteristics, need and working

6. Digital Instruments

- Comparison of analog and digital instruments
- Working principle of ramp, dual slope and integration type digital voltmeter
- Block diagram and working of a digital multimeter
- Specifications of digital multimeter and their applications
- Limitations of digital multimeter
- Working principle of logic probe, logic pulser, logic analyser and signature analyzer.

List of Practicals

1. Measurement of voltage, resistance, frequency using digital multimeter
2. Measurement of voltage, frequency, time period and phase using CRO
3. Measurement of voltage, frequency, time and phase using DSO
4. Measurement of Q of a coil
5. Measurement of resistance and inductance of coil using RLC bridge
6. Measurement of impedance using Maxwell Induction Bridge
7. To find the value of unknown resistance using Wheatstone bridge
8. Measurement of distortion using distortion factor meter

Contents

1. मापन के मूल तत्त्व (Basics of Measurement) ... 5
2. वोल्टेज, धारा तथा प्रतिरोध मापन (Voltage, Current and Resistance Measurement) ... 15
3. कैथोड-रे ऑसिलोस्कोप (Cathode-ray Oscilloscope) ... 38
4. प्रतिबाधा सेतु तथा Q मीटर (Impedance Bridges and Q Meter) ... 58
5. सिगनल जेनरेटर्स तथा ऐनालिटिकल यन्त्र (Signal Generators and Analytical Instruments) ... 75
6. डिजिटल उपकरण (Digital Instruments) ... 86

- प्रयोगात्मक कार्य (Practical Work) ... 99
- मॉडल प्रश्न-पत्र (Model Question Paper) ... 112

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मापन यन्त्र को परिभाषित कीजिए।

उत्तर मापन यन्त्र वह युक्ति होती है, जो किसी राशि या चर का मान नापने के काम आती है।

प्रश्न 2. गणितीय माध्य निकालने हेतु सूत्र दीजिए।

उत्तर गणितीय माध्य $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$

अत: $\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$

प्रश्न 3. मापन यन्त्र में भीतरी शोर से आपका क्या अभिप्राय है?

उत्तर मापन यन्त्र के अन्दर लगे सक्रिय व निष्क्रिय घटकों के कारण होने वाला शोर भीतरी शोर कहलाता है।

प्रश्न 4. वाटमीटर किसके मापन में प्रयोग किया जाता है?

उत्तर वाटमीटर विद्युत शक्ति मापन में प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 5. यथार्थता तथा परिशुद्धता में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर यथार्थता, यन्त्र द्वारा मापे गए मान एवं राशि के सत्य मान में निकटता को बताती है जबकि, परिशुद्धता यन्त्र द्वारा लिए गए कई पाठ्यांक में निकटता को बताती है।

प्रश्न 6. एमीटर द्वारा क्या मापा जाता है?

उत्तर एमीटर द्वारा विद्युत धारा का मापन किया जाता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मापन क्या है? मापन की विधियों का वर्णन कीजिए।

उत्तर **मापन** किसी राशि के मान को यन्त्र की सहायता से ज्ञात करना मापन कहलाता है। किसी राशि के मापन हेतु उस राशि (जिसका मान अज्ञात है) की तुलना एक पूर्व परिभाषित मानक से करते हैं तथा परिणाम को संख्यात्मक मान में व्यक्त करते हैं।

मापन के प्रकार/विधियाँ Types/Methods of Measurement

मापन विधियों को निम्न वर्गों में विभाजित करते हैं—

1. **प्राथमिक मापन** Primary Measurement यदि राशि का मापन बिना उसे दूसरी राशि में बदले, सीधा किया जाता है तो इस मापन को प्राथमिक मापन कहते हैं। उदाहरणार्थ—पदार्थ के द्रव्यमान के भार का मापना, वस्तु की लम्बाई को स्केल/टेप से नापना, दो प्रकाश तीव्रताओं के मध्य मैच करना इत्यादि प्राथमिक मापन के उदाहरण हैं।
2. **द्वितीयक मापन** Secondary Measurement इस प्रकार के मापनों में एक रूपान्तरण अर्थात् ट्रांसड्यूसर की आवश्यकता होती है जो कि एक प्रकार की सिगनल ऊर्जा को दूसरी प्रकार की ऊर्जा में परिवर्तित करता है, जैसेकि किसी द्रव (liquid) का ताप नापना आदि। इस प्रकार की राशियों के मापने में आवश्यक तुलनात्मक विधि का उपयोग किया जाता है, जिसमें थर्मामीटर पर स्केल अंशांकित (Calibrate) किया रहता है। इस ताप मापन पद्धति में निम्न गुण होने चाहिए—

   (i) ताप परिवर्तनों को समानुपाती रूप में लम्बाई परिवर्तनों में रूपान्तरित कर सकें।

Scanned with CamScanner

एक अच्छे यन्त्र की सुग्राहिता उच्च होती है। यदि सम्भव हो तो किसी यन्त्र से किसी राशि का मापन करते समय उसकी उच्च सुग्राहिता वाली मापन रेन्ज का प्रयोग करना चाहिए अर्थात् यन्त्र से उच्च सुग्राहिता प्राप्त करने के लिए, यन्त्र की रेन्ज, मापी जाने वाली राशि के परिमाण से बहुत अधिक नहीं होनी चाहिए।

4. **विभेदन** Resolution **किसी मापक यन्त्र का विभेदन उस यन्त्र की इनपुट राशि का वह न्यूनतम मान है जिसे वह यन्त्र माप सकता है।**

उदाहरणार्थ यदि किसी वोल्टमीटर में 100 खाने (divisions) हैं तथा फुल स्केल रीडिंग 10 V है तो स्केल के एक खाने का मान $= \frac{10\text{ V}}{100} = 0.1\text{ V} = 100\text{ mV}$ होता है। अतः इस वोल्टमीटर का विभेदन 100 mV है।

5. **त्रुटि** Error किसी भी यन्त्र द्वारा मापन शत-प्रतिशत शुद्ध प्राप्त नहीं किया जा सकता है अर्थात् प्रत्येक यन्त्र के मापन मान में कुछ न कुछ त्रुटि अवश्य होती है। किसी यन्त्र द्वारा एक राशि का मापा गया मान (A_m) तथा उस राशि के सत्य मान (true value; A_t) के अन्तर ($A_m - A_t$) को उस यन्त्र की त्रुटि (error) कहते हैं। इस प्रकार की त्रुटि को यन्त्र की स्थैतिक त्रुटि (static error) अथवा निरपेक्ष स्थैतिक त्रुटि (absolute static error) कहते हैं। यन्त्र की स्थैतिक त्रुटि (δ_A या ε_o) को सूत्र द्वारा निम्न प्रकार प्रदर्शित कर सकते हैं—

$$\delta_A = \varepsilon_o = A_m - A_t \quad \text{...(ii)}$$

परन्तु यन्त्र की स्थैतिक त्रुटि, उस यन्त्र के सम्पूर्ण मापन रेन्ज की सत्यता की नाप नहीं हो सकती है। जैसे कि यदि वोल्टमीटर यन्त्र की स्थैतिक त्रुटि ±2V दर्शायी गई हो, तो 1000 V को मापे जाने पर ±2V की त्रुटि तो नगण्य हो सकती है परन्तु यदि इसी वोल्टमीटर द्वारा केवल 10 V मापें तो यह त्रुटि (±2 V) अति महत्त्वपूर्ण हो जाती है अर्थात् इसे हम नगण्य नहीं मान सकते हैं।

अतः मापक यन्त्रों में स्थैतिक त्रुटि (δ_A या ε_o) के स्थान पर आपेक्षिक स्थैतिक त्रुटि (relative static error, ε_ρ) का प्रयोग किया जाता है जोकि निरपेक्ष स्थैतिक त्रुटि (ε_o या δ_A) एवं राशि के सत्यमान (A_t) के अनुपात के बराबर होती है, अर्थात्

$$\varepsilon_\rho = \frac{\text{यन्त्र की स्थैतिक त्रुटि}}{\text{राशि का सत्य मान}} = \frac{(\delta_A \text{ या } \varepsilon_o)}{A_t} \quad \text{...(iii)}$$

अतः
$$\% \varepsilon_\rho = \frac{\delta_A}{A_t} \times 100 \quad \text{...(iv)}$$

समीकरण (ii) से δ_A का मान समीकरण (iii) में रखने पर

$$\varepsilon_\rho = \frac{A_m - A_t}{A_t}$$

अतः
$$A_t = \frac{A_m}{1 + \varepsilon_\rho} \quad \text{....(v)}$$

अधिकतम स्थैतिक त्रुटि (δ_A) को यन्त्र की **सीमान्त त्रुटि** (limiting error) अथवा **गारन्टी त्रुटि** (guarantee error) भी कहते हैं। यदि किसी राशि का परिमाण 'A' है तथा अधिकतम/सीमान्त त्रुटि $\pm\delta_A$ है तो राशि की परिमाण की सीमाएँ $A - \delta_A$ से $A + \delta_A$ तक होती हैं। अतः आपेक्षिक/सापेक्षिक सीमान्त त्रुटि (relative limiting error, ε_ρ)

$$\varepsilon_\rho = \frac{\delta_A}{A}$$

6. **रेन्ज एवं स्पैन** Range and Span प्रत्येक यन्त्र में उसके द्वारा मापी जा सकने वाली राशि का न्यूनतम परिमाण एवं अधिकतम परिमाण मान उसके स्केल पर अंकित रहता है। यन्त्र के इस अधिकतम मान को उस यन्त्र की **रेन्ज** (range) कहते हैं। यन्त्र की रेन्ज उसके न्यूनतम मान से अधिकतम मान द्वारा भी प्रदर्शित की जाती है। इसके अतिरिक्त, यन्त्र द्वारा मापी जाने वाली राशि के न्यूनतम मान एवं अधिकतम मान के अन्तर को उस यन्त्र का **स्पैन** कहते हैं।

यदि किसी यन्त्र के स्केल पर, उसके द्वारा मापी जाने वाली राशि का न्यूनतम अंशांकित मान (lowerst calibrated value), X_{min} है तथा अधिकतम (highest) अंशांकित मान, X_{max} है तो उसकी रेन्ज को X_{min} से X_{max} अथवा X_{max} कहते हैं तथा यन्त्र का स्पैन $= X_{max} - X_{min}$ होता है।

उदाहरणार्थ 100°C से 1000°C के बीच अंशांकित थर्मामीटर की रेंज 100°C से 1000°C द्वारा अथवा 1000°C द्वारा प्रदर्शित की जाती है जबकि इस यन्त्र का स्पैन = 1000°C − 100°C = 900°C है।

प्रश्न 3. मापन में होने वाली विभिन्न त्रुटियों का वर्णन कीजिए।

उत्तर **मापन त्रुटियों के प्रकार** Types of Measurement Errors यन्त्रों द्वारा मापन में होने वाली त्रुटियों को निम्न तीन प्रमुख वर्गों में वर्गीकृत किया जाता है—

1. ग्रॉस त्रुटियाँ (Gross Errors)
2. सिस्टेमैटिक त्रुटियाँ (Systematic Errors)
3. रैन्डम त्रुटियाँ (Random Errors)

1. **ग्रॉस त्रुटियाँ** Gross Errors मापन में मानव द्वारा की गई त्रुटियों को ग्रॉस त्रुटियाँ कहते हैं। यन्त्र द्वारा किसी राशि के मापन के समय हम, यन्त्र के पढ़ने में, पाठ्यांक को रिकॉर्ड करने में तथा पाठ्यांक के आधार पर परिणामों की गणना करने में त्रुटि कर सकते हैं। अन्य त्रुटियों की भाँति ग्रॉस त्रुटियों को पूर्णतया विलुप्त (eliminate) करना सम्भव तो नहीं है परन्तु उन्हें कम करने के लिए निम्न बातों का ध्यान रखना चाहिए—
   (i) पाठ्यांक (reading) पढ़ने तथा उन्हें रिकॉर्ड करने में उपयुक्त सावधानी रखनी चाहिए।
   (ii) मापी जाने वाली राशि के अनेक पाठ्यांक लेने चाहिए, जिससे मापन विधि में एक ही प्रकार की होने वाली ग्रॉस त्रुटियाँ समाप्त/कम हो सकती हैं।

2. **सिस्टेमैटिक त्रुटियाँ** Systematic Errors मापन पद्धति में जिन त्रुटियों की बार-बार पुनरावृत्ति होती है उन्हें सिस्टेमैटिक त्रुटियाँ कहते हैं। मापन पद्धति में इस प्रकार की त्रुटियाँ निम्न तीन कारणों से उत्पन्न होती हैं—
   (i) यन्त्रों के कारण त्रुटियाँ (Due to Instrument Errors)
   (ii) वातावरण के कारण त्रुटियाँ (Due to Environmental Errors)
   (iii) प्रेक्षण के कारण त्रुटियाँ (Due to Observation Errors)

(i) यन्त्रों के कारण त्रुटियाँ Due to Instrument Errors मापन में इस प्रकार की उत्पन्न त्रुटियों के मुख्य कारण निम्नलिखित होते हैं—

(a) यन्त्र के निर्माण के समय उसमें किसी संरचनात्मक (construction/inherent) दोष के रह जाने के कारण।
(b) यन्त्र के गलत (misuse) उपयोग के कारण—
(c) यन्त्र की राशि मापे जाने वाले परिपथ/घटक पर लोडिंग प्रभाव (loading effect) रखने के कारण। मापन में यन्त्र द्वारा परिपथ में लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करने का मुख्य कारण भी वास्तव में यन्त्र का गलत उपयोग ही है।

उदाहरणार्थ एक उच्च गुणवत्ता वाला वोल्टमीटर, किसी उच्च प्रतिबाधा परिपथ में संयोजित करने पर त्रुटि/भ्रामक (misleading) पाठ्यांक प्रदान करता है जबकि उसी मीटर को निम्न प्रतिरोध (low resistance) परिपथ के एक्रॉस संयोजित किया जाए तो यह मीटर अति विश्वसनीय पाठ्यांक (reading) प्रदान करता है। इसका कारण यह है कि इस वोल्टमीटर का इनपुट प्रतिरोध (R_i) कम है जिससे इसको उच्च प्रतिरोध वाले घटक/परिपथ के एक्रॉस संयोजित किया जाता है तो वोल्टमीटर का इनपुट प्रतिरोध (R_i), विभव मापे जाने वाले परिपथ/घटक पर शंट प्रभाव रखता है अर्थात् परिपथ में लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करता है। अतः किसी परिपथ का विभव अथवा प्रतिरोध मापन के समय, मापन वाले यन्त्र का इनपुट प्रतिरोध (R_i) का मान, परिपथ के प्रतिरोध (R_c) से कई गुना अधिक ($R_i >> R_c$) होना चाहिए जिससे कि यन्त्र, परिपथ में लोडिंग प्रभाव न उत्पन्न कर सके।

यन्त्र के कारण उत्पन्न होने वाली त्रुटियों को कम/समाप्त करने के लिए अग्र प्रक्रियाओं का उपयोग करना चाहिए—

यन्त्र के संरचनात्मक (construction) दोषों को निम्न प्रकार कम किया जा सकता है—

(a) यन्त्र के निर्माता द्वारा यन्त्र का सावधानीपूर्वक निर्माण करना चाहिए तथा उचित प्रकार से परीक्षण (test) करके, वांछित परिणाम (desire results) मिलने पर ही बाजार को उपलब्ध करना चाहिए। इसके अतिरिक्त, उपभोक्ता (user) को भी यन्त्र को उचित प्रकार से टैस्ट करके ही वांछित परिणाम मिलने पर, यन्त्र को खरीदना/प्रयोग करना चाहिए।

(b) यदि यन्त्र द्वारा मापन में, उसके पाठ्यांक में होने वाली त्रुटि का ज्ञान हो, तो पाठ्यांक के उपयोग के समय उपयुक्त संशोधन गुणकों (correction factors) का प्रयोग करना चाहिए।

(c) यन्त्र का सावधानीपूर्वक पुनः अंशांकन (calibration) करना चाहिए।

यन्त्र के गलत (misuse) उपयोगों को निम्न मुख्य सावधानियों द्वारा कम/समाप्त किया जा सकता है।

(d) यन्त्र में यदि शून्य समायोजन (zero adjustment) करने की सुविधा विद्यमान है (जोकि प्रायः होती है) तो मापने से पूर्व यन्त्र का ठीक प्रकार से शून्य समायोजन अवश्य कर लेना चाहिए।

(e) यन्त्र के उपयोग से पूर्व, उसकी मापन परि-सीमाएँ (measuring limits) ज्ञात कर लेनी चाहिए अन्यथा यन्त्र में अनावश्यक लोडिंग अथवा/और ओवर हीटिंग (overloading and/or overheating) हो सकती है जिससे यन्त्र खराब हो सकता है तथा प्राप्त पाठ्यांक त्रुटिपूर्ण (with errors) हो सकते हैं।

यन्त्र के लोडिंग प्रभाव (loading effects) को, मापन के समय निम्न मुख्य सावधानियाँ अपना कर, कम/समाप्त किया जा सकता है—

(f) उचित इनपुट प्रतिबाधा वाला यन्त्र ही मापन के लिए प्रयोग करना चाहिए।

(g) ऐसे यन्त्र को परिपथ से संयोजित करना चाहिए जो कि परिपथ से अति कम धारा दर्शाए।

(ii) वातावरण के कारण त्रुटियाँ Due to Environmental Errors जिस वातावरण में यन्त्र द्वारा पाठ्यांक लिए जा रहे हैं, उस वातावरण के प्रभाव के कारण, यन्त्र त्रुटि युक्त पाठ्यांक प्रदान कर सकता है। वातावरण की कुछ निम्न परिस्थितियाँ मापन को प्रभावित कर सकती हैं—ताप (temperature), दाब (pressure), आर्द्रता (humidity), कम्पन (vibration), धूल, चुम्बकीय एवं विद्युत स्थैतिक क्षेत्र (magnetic and electrostatic fields), इत्यादि।

(a) चुम्बकीय एवं विद्युत स्थैतिक क्षेत्रों में यन्त्र को प्रयोग करने से पूर्व, यन्त्र को उचित प्रकार से शील्ड (shield) तथा उस शील्ड को ग्राउण्ड (ground) करना चाहिए।

(b) यन्त्र को कमरे के अन्दर तथा बन्द बक्से में सील करके उपयोग करने से धूल, आर्द्रता, वर्षा इत्यादि के कारण होने वाली सम्भावित त्रुटियों को कम किया जा सकता है।

(c) यदि किसी यन्त्र को किसी विशेष वातावरण में ही उपयोग करना है तो उस वातावरण के लिए निर्मित यन्त्र का प्रयोग करना चाहिए। उदाहरण के लिए—ट्रेनों (trains) एवं बसों इत्यादि में प्रयोग करने के लिए, कम्पन सहने युक्त विशेष प्रकार के यन्त्रों (वोल्टमीटर, अमीटर, वाटमीटर इत्यादि) को निर्मित किया जाता है।

(d) जिस ताप सीमा के लिए यन्त्र निर्मित किया गया है उसी ताप सीमा के अन्दर वाले वातावरण में ही यन्त्र का प्रयोग करना चाहिए।

(iii) प्रेक्षण के कारण त्रुटियाँ Due to Observation Errors मापन यन्त्रों के पाठ्यांक को असावधानीपूर्वक प्रेक्षित करने से भी मापन में त्रुटियाँ आती हैं। उदाहरणार्थ—ऐनालॉग यन्त्रों में सामान्यतः संकेतक (pointer), स्केल के कुछ ऊपर स्थित होता है ताकि वह सरलता से गति कर सके। यदि प्रेक्षण के समय, पाठ्यांक को संकेतक के ठीक ऊपर से स्केल पर न देखा जाये तो रीडिंग पढ़ने में त्रुटि हो जाती है। जिसे **पैरेलैक्स** (parallax) के कारण त्रुटि कहते हैं। इस प्रकार की त्रुटि के निवारण (elimination) के लिए, संकेतक वाले यन्त्रों में दर्पणयुक्त स्केल (mirrored scale) स्थापित रहते हैं। जब दर्पण में संकेतक का प्रतिबिम्ब, संकेतक के ठीक पीछे होता है अर्थात् जब प्रेक्षक (observer), संकेतक तथा संकेतक का प्रतिबिम्ब (image) एक सीध में होते हैं तब इस स्थिति में प्रेक्षक द्वारा लिये गये पाठ्यांक में लम्बन त्रुटि अति-कम अथवा नहीं होती है। आधुनिक मापन यन्त्रों में पाठ्यांक को प्रदर्शित करने के लिए प्रायः डिजिटल डिसप्ले (digital display) स्थापित रहते हैं जिससे प्रेक्षण के कारण होने वाली त्रुटियाँ पूर्णतया समाप्त हो जाती हैं।

3. रैन्डम त्रुटियाँ Random Errors किसी यन्त्र की मापन पद्धति में होने वाली त्रुटियों को पूर्णतया विलुप्त (eliminate) करने की व्यवस्था करने पर भी मापन में त्रुटि आ जाती है। यह त्रुटि कुछ अज्ञात कारणों, जैसे कि शोर (noise), वातावरण की अवस्थाओं में परिवर्तन इत्यादि जो कि एक मापन से दूसरे मापन तक स्वतः ही परिवर्तित हो सकते हैं, से होती है। इस प्रकार, मापन में उत्पन्न त्रुटियों को **अवशिष्ट त्रुटियाँ** (random errors) कहते हैं।

प्रश्न 4. मापन उपयन्त्रों के प्रकारों का उल्लेख कीजिए।

उत्तर **मापन उपयन्त्रों के प्रकार** Types of Measuring Instruments वे मापन उपयन्त्र, जो विभिन्न वैद्युत राशियों (electrical quantities) का मान मापने के लिये उपयोग में लाये जाते हैं, वैद्युत मापन उपयन्त्र कहलाते हैं। इन उपयन्त्रों को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जा सकता है—

वैद्युत मापन उपयन्त्र
- प्राथमिक या निरपेक्ष उपयन्त्र (primary or absolute instruments)
- द्वितीयक उपयन्त्र (secondary instruments)
  - सूचक उपयन्त्र (indicating instruments)
  - अभिलेखी उपयन्त्र (recording instruments)
  - समाकलन उपयन्त्र (integrating instruments)

1. **प्राथमिक या निरपेक्ष उपयन्त्र** Primary or Absolute Instruments वे वैद्युत मापन उपयन्त्र, जो मापी जाने वाली वैद्युत राशियों का मान विक्षेप-कोण (deflection angle) तथा उपयन्त्र स्थिरांक (constant of the instrument) के रूप में व्यक्त करते हैं, निरपेक्ष या प्राथमिक उपयन्त्र कहलाते हैं; जैसे—स्पज्या धारामापी (tangent galvanometer)। इस प्रकार के उपयन्त्र केवल प्रयोगशालाओं में मानक उपयन्त्रों (standard instruments) के रूप में उपयोग में लाये जाते हैं।

2. **द्वितीयक उपयन्त्र** Secondary Instruments वे उपयन्त्र जो मापी जाने वाली वैद्युत राशियों का मान सीधे मापते हैं, द्वितीयक उपयन्त्र कहलाते हैं। सामान्यतः इसी प्रकार के उपयन्त्र विभिन्न वैद्युत राशियों को मापने के लिये उपयोग में लाये जाते हैं। इन उपयंत्रों को स्केल पर निशान या अंशांकन प्राथमिक उपयन्त्रों की सहायता से ही किया जाता है। इस प्रकार के उपयन्त्रों को प्रयोग में लाने से पूर्व अंशशोधित (calibrated) द्वितीयक उपयन्त्रों, जिन्हें उपमानक उपयन्त्र (substandard instruments) कहते हैं, की सहायता से इनका अंशशोधन (calibration) करने की आवश्यकता होती है, ताकि प्राप्त मान शुद्ध हो। द्वितीयक उपयन्त्रों को पुनः निम्न प्रकार वर्गीकृत किया जाता है—

   (i) **सूचक उपयन्त्र** Indicating Instruments वे उपयन्त्र, जो मापी जाने वाली वैद्युत राशि का मान उसी समय किसी सूचक की सहायता से अंशांकित स्केल पर सूचित कर देते हैं, सूचक उपयन्त्र कहलाते हैं। गैल्वेनोमीटर, अमीटर, वोल्टमीटर, वाटमीटर, मेगर, ओह्ममीटर आदि इसी प्रकार के उपयन्त्र हैं।

   (ii) **अभिलेखी उपयन्त्र** Recording Instruments वे उपयन्त्र, जो किसी निश्चित समय के लिये वैद्युत राशि का मान एक ग्राफ कागज पर अंकित करते रहते हैं, अभिलेखी उपयन्त्र कहलाते हैं। ऐसे उपयन्त्र के चल-तन्त्र (moving system) के साथ एक कलम लगी रहती है जो समान व निश्चित गति से घूमते हुये बेलन (roller) पर लिपटे ग्राफ पर वैद्युत राशि का परिमाण अंकित करती रहती है। इसी प्रकार के उपयन्त्रों का उपयोग प्रायः शक्ति केन्द्रों (power stations) में विद्युत धारा, वोल्टता, विद्युत शक्ति आदि के अभिलेखन के लिये किया जाता है। ये उपयन्त्र अभिलेखक (recorders) कहलाते हैं।

   (iii) **समाकलन उपयन्त्र** Integration Instruments वे उपयन्त्र, जो किसी निश्चित अवधि तक दी गयी सम्पूर्ण वैद्युत राशि का मान मापते हैं, समाकलन उपयन्त्र कहलाते हैं। विद्युत ऊर्जामापी (energy meter) इसका उदाहरण है।

प्रश्न 5. मापन के मात्रक (Standards of measurements) से क्या अभिप्राय है?

उत्तर भौतिक राशियों की एकांक माप (unit measure) को किसी निश्चित भौतिक रूप (physical form) में व्यक्त (represent) किया जाता है। किसी भौतिक राशि के आयाम के एकांक मान की यह भौतिक अभिव्यक्ति (physical representation), उक्त भौतिक राशि हेतु मापन का मात्रक (standard of measurement) कहलाती है। उदाहरणार्थ, किसी वस्तु की भौतिक राशि, "संहति (mass)" का मात्रक किलोग्राम (kilogram) माना गया है और उसकी इकाई माप

एक किलोग्राम की भौतिक अभिव्यक्ति हेतु अन्तर्राष्ट्रीय माप-तौल संस्थान सीवर्ड, फ्रांस में प्लेटीनम-इरीडियम मिश्र धातु का एक खण्ड रखा गया है जिसको संहति का एकांक मानक माप निश्चित किया गया है, जो एक किलोग्राम से व्यक्त किया गया है।

मापन की प्रक्रिया तथा उनके उपयोग के प्रारूपों के अनुसार निश्चित मापन के विभिन्न मानक (standards) निम्न प्रकार हैं—

(i) **अन्तर्राष्ट्रीय मानक** International Standards अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर मान्य मानक, अन्तर्राष्ट्रीय मानक कहलाते हैं। ये मानक अन्तर्राष्ट्रीय स्तर पर अभिकल्पित (designed), निर्मित (constructed) एवं परिभाषित (defined) व विशिष्ठित (specified) होते हैं। इस प्रकार के मानक मापों का रख-रखाव करने हेतु सीवर्स (Severes), पेरिस (Paris) (फ्रांस) में स्थित अन्तर्राष्ट्रीय नाप-तौल संस्थान (International Bureau of Weights and Measures) है। ये मानक सामान्य उपयोग हेतु उपलब्ध नहीं होते परन्तु भौतिक राशि के आयाम की मानक माप इसी पर आधारित होती है।

(ii) **प्राथमिक मानक** Primary Standards विश्व के विभिन्न मानक संस्थान (standard organisations) तथा राष्ट्रीय प्रयोगशालायें (national laboratories) ऐसी मानक युक्तियों का रख-रखाव करती हैं। यहाँ स्थित ये मानक युक्तियाँ विभिन्न मौलिक (fundamental) एवं उत्पत्र (derived) राशियों हेतु मानक माप प्रस्तुत करती हैं जिनका अंशांकन (calibration) स्वतन्त्र रूप से परन्तु निरपेक्ष मापनों (absolute measurements) पर आधारित होता है। अन्तर्राष्ट्रीय मानक की भाँति ये मानक भी सामान्य उपयोग के लिये उपलब्ध नहीं होते।

(iii) **द्वितीयक मानक** Secondary Standards इस प्रकार के मापन के मानक औद्योगिक मापन प्रयोगशालाओं द्वारा मानक के रूप में रखे जाते हैं। उच्चतम परिशुद्धता वाले ये मानक राष्ट्रीय मानक संस्थान तथा राष्ट्रीय प्रयोगशालाओं में स्थित प्राथमिक मानकों पर आधारित होते हैं। औद्योगिक प्रयोगशालाएँ ही इनका अंशशोधन व रख-रखाव भी करती हैं। ये मानक, कार्यकारी मानक युक्तियों (working standard devices) के अंशशोधन व त्रुटि मापन हेतु, सामान्य रूप से उपलब्ध होते हैं।

(iv) **कार्यकारी मानक** Working Standards वे उच्च परिशुद्धता वाली मापन युक्तियाँ जो प्राथमिक अथवा द्वितीयक मानकों से तुलना कर निर्मित की जाती हैं, कार्यकारी मानक युक्तियाँ होती हैं, जो बाजार में व्यावसायिक रूप में उपलब्ध होती हैं। इनको मापन का मानक, कार्यकारी मानक कहलाता है, जो उपमानक (substandard) के नाम से भी जाना जाता है। व्यापारिक, मापन युक्तियों (commercial measuring devices) की परिशुद्धता इन्हीं के साथ तुलना करके जानी जाती है। सामान्यतः प्रयोगशाला मापन उपयंत्रों का अंशशोधन तथा त्रुटि-ज्ञान इन्हीं उपमानकों के आधार पर किया जाता है।

प्रश्न 6. अंशशोधन (Calibration) से क्या तात्पर्य है? इसके प्रकारों का वर्णन कीजिए।

उत्तर **अंशशोधन** Calibration किसी एक भौतिक राशि के लिये ज्ञात मानक तथा मापन युक्ति की माप के बीच संख्यात्मक तुलना करने की क्रिया (act of quantitative comparison) को अंशशोधन कहते हैं। अंशशोधन का उद्देश्य माप की यथार्थता जानना होता है। मापित मान (measured value) तथा वास्तविक मान (true value) के अन्तर से मापन की त्रुटि (error in measurement) की जानकारी प्राप्त होती है। मापित माप में त्रुटि के लिये संशोधन कर माप को यथार्थता प्रदान की जा सकती है।

अंशशोधन के प्रकार Types of Calibration अंशशोधन के प्रकार निम्नलिखित हैं—

(i) **प्राथमिक अंशशोधन** Primary Calibration यदि मापन युक्ति का अंशशोधन प्राथमिक मानकों (primary standards) से तुलना कर किया जाये तो इस प्रकार के अंशशोधन की प्रक्रिया प्राथमिक अंशशोधन कहलाती है। प्राथमिक मानकों के आधार पर निर्मित तथा प्राथमिक अंशशोधन से प्राप्त यह मापन युक्ति द्वितीयक अंशशोधन युक्ति के रूप में उपयोगी होती है। मानक सेल (standard cell), मानक प्रतिरोध (standard resistances) आदि इसी प्रकार की युक्तियाँ हैं।

(ii) **द्वितीयक अंशशोधन** Secondary Calibration द्वितीयक अंशशोधन युक्तियों की सहायता से की गयी अंशशोधन की प्रक्रिया, द्वितीयक अंशशोधन कहलाती है। इसी प्रकार का अंशशोधन प्रयोगशालाओं तथा प्रौद्योगिकी में सामान्यतः व्यवहार में है। मानक सेल द्वारा वोल्टमीटर का अंशशोधन, मानक सेल तथा मानक प्रतिरोध द्वारा अमीटर का अंशशोधन, आदि इसी प्रकार की अंशशोधन प्रक्रिया के उदाहरण हैं।

(iii) **सीधा अंशशोधन** Direct Calibration जब अंशशोधन की प्रक्रिया एक ज्ञात निवेश स्रोत (known input source) की सहायता से की जाती है तो इस प्रक्रिया की यथार्थता (accuracy) प्राथमिक अंशशोधन की ही श्रेणी की होती है और सीधा अंशशोधन कही जाती है। इस अंशशोधन विधि से प्राप्त मापन युक्ति भी द्वितीयक अंशशोधन हेतु सर्वथा उपयुक्त होती है। बल्ब द्वारा वाटमीटर का अंशशोधन इसी प्रकार की अंशशोधन प्रक्रिया है।

(iv) **परोक्ष अंशशोधन** Indirect Calibration इस प्रकार के अंशशोधन में किसी भौतिक राशि का मापन दो अलग-अलग मापन युक्तियों के समतुल्य मान पर आधारित होता है, जहाँ एक मापन युक्ति की यर्थाथता का अनुमान दूसरी मापन युक्ति के मान से लगाया जाता है। यहाँ अंशशोधन के लिये एक ही भौतिक राशि के मापन हेतु उपयुक्त दो मापन युक्तियों को उपयोग में लाया जाता है। वाटमीटर से वाटमीटर का, ऊर्जामापी से ऊर्जामापी का अंशशोधन इसी प्रकार की प्रक्रिया है।

(v) **नियमित अंशशोधन** Routine Calibration मापन युक्तियों का उपयोग करते हुये उसकी यथार्थता की जाँच करने हेतु उनका समय-समय पर नियमित अंशशोधन नितान्त आवश्यक होता है। अंशशोधन की इस प्रक्रिया में व्यवस्था योग्य भागों को व्यवस्थित कर लिया जाता है तथा मापन युक्ति हेतु मापन में त्रुटि ज्ञात कर ली जाती है। इस प्रकार त्रुटि के ज्ञान के बाद त्रुटि हेतु संशोधन कर मापन युक्ति से माप का वास्तविक मान ज्ञात कर लिया जाता है। इस प्रकार के अंशशोधन हेतु द्वितीय मानक अथवा कार्यकारी मानक का उपयोग किया जाता है।

इस प्रकार अंशशोधन द्वारा हमें मापन उपयन्त्र के त्रुटिपूर्ण होने या त्रुटिपूर्ण न होने की जानकारी तो मिल ही जाती है, साथ ही निम्न प्रकार प्रतिशत त्रुटि का भी ज्ञान हो जाता है—

$$\text{प्रतिशत त्रुटि} = \frac{(\text{मापित मान} - \text{वास्तविक मान}) \times 100}{\text{वास्तविक मान}}\%$$

किसी मापन उपयन्त्र के लिये विभिन्न मापित मानों के लिये प्रतिशत त्रुटि जानने के बाद, उक्त त्रुटि के लिये तद्नुसार माप में संशोधन कर, उक्त राशि का वास्तविक मान ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 7. शोर (Noise) से क्या अभिप्राय है? शोर के प्रकार एवं उनके स्रोत का वर्णन कीजिए एवं उनके निराकरण के बारे में प्रकाश डालिए।

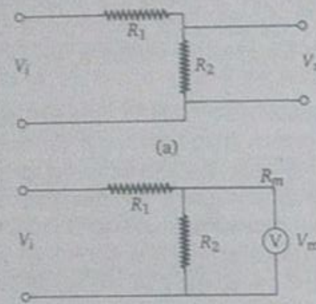
उत्तर **शोर** Noise वे सिग्नल (संकेत) जो अचानक ही इलेक्ट्रॉनिक या इलेक्ट्रिकल परिपथ में जुड़ जाते हैं शोर कहलाते हैं।

	शोर के प्रकार	शोर के स्रोत	शोर का निराकरण
1.	भीतरी शोर		
(i)	जानसन न्वॉइस	प्रतिरोधों के परमाणुओं के ऊष्मीय कम्पनों से उत्पन्न दोलनों के कारण होती है।	भीतरी ताप को कम करके इसको कम किया जा सकता है।
(ii)	शॉट न्वॉइस	अर्द्धचालकों में आवेशों के Random movement के कारण उत्पन्न शोर।	सलैक्टिव फिल्टरिंग द्वारा।
(iii)	ट्रांसिट टाइम न्वॉइस	ट्रांजिस्टर में इलेक्ट्रॉनों को एमिटर से कलैक्टर तक पहुँचने में लगने वाले समय का इनपुट सिगनल के समय काल के comparable हो जाने पर उत्पन्न शोर।	माइक्रोवेव युक्तियाँ प्रयोग करके
2.	बहारी शोर		
(i)	कण्डक्टेड न्वॉइस	पावर सप्लाई में उपस्थित उर्मिकाओं के कारण उत्पन्न शोर।	फिल्टर प्रयुक्त करके।
(ii)	विकिरित न्वॉइस	यंत्र के आसपास उपस्थित वैद्युत व चुम्बकीय क्षेत्रों के कारण उत्पन्न शोर।	शील्डिंग द्वारा।

प्रश्न 8. लोडिंग प्रभाव (Loading effect) से आप क्या समझते है?

उत्तर अगर एक कम प्रतिबाधा वाला उपयन्त्र, एक अधिक प्रतिबाधा वाले परिपथ में समान्तर क्रम से संयोजित किया जाए तो उस उपयन्त्र द्वारा मापी जाने वाली वोल्टता का मान अपनी true value से कम होता है। यही घटना लोडिंग प्रभाव कहलाती है।

प्रायोगिक तौर पर हम इसका विशलेषण (analysis) एक परिपथ के माध्यम से करते हैं।



$$V_{actual} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} V_i$$

$$V_{measured} = \frac{R_2 \| R_m \, V_i}{R_2 \| R_m + R_2}$$

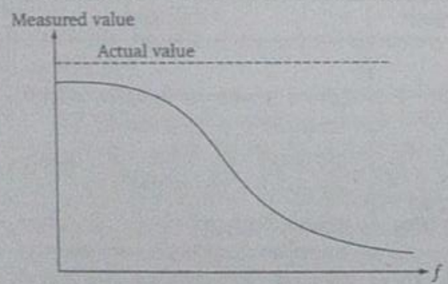
चित्र 1.1 : लोडिंग प्रभाव

अतः उपरोक्त चित्र से यह स्पष्ट होता हैं कि लोडिंग प्रभाव के कारण—

$$V_{measured} < V_{actual}$$

अतः विश्वसनीय तरीके से किसी मापन उपकरण द्वारा इनपुट सिगनल को मापने की असमर्थता लोडिंग प्रभाव कहलाती है।

परन्तु यह समस्या और अधिक जटिल हो जाती है जब हम A.C. को Measure करते है क्योंकि इनपुट प्रतिबाधा आवृत्ति बढ़ने पर घटती है। जिससे Measured value का मान कम होता जाता है। जैसा कि चित्र 1.2 में दिखाया गया है।



चित्र 1.2 : Meaured value पर आवृत्ति का प्रभाव

2 वोल्टेज, धारा तथा प्रतिरोध मापन
Voltage, Current and Resistance Measurement

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. PMMC मीटर के तीन मुख्य अवयवों के नाम दीजिए।

उत्तर PMMC मीटर के तीन मुख्य अवयव निम्न है—

(i) Deflecting Device, (ii) Controlling Device, (iii) Damping Device.

प्रश्न 2. PMMC मीटर का पूरा नाम क्या है?

उत्तर PMMC मीटर का पूरा नाम "परमानैंट मैगनेट मूविंग क्वायल" मीटर है।

प्रश्न 3. Frequency Response से क्या तात्पर्य होता है?

उत्तर Frequency Response से तात्पर्य यह है कि मीटर कितनी frequency range में उपयुक्त मापन कर सकता है। सामान्यतया मीटर की frequency response 30 Hz से 50 kHz तक flat है।

प्रश्न 4. मल्टीमीटर की sensitivity का सूत्र बताइए।

उत्तर मल्टीमीटर की sensitivity ज्ञात करने का सूत्र $S = \frac{1}{I_{FSD}}$ है।

प्रश्न 5. Simpson 260 model मल्टीमीटर की यथार्थता बताइए।

उत्तर Simpson 260 model मल्टीमीटर की यथार्थता निम्नवत् है

(i) DC वोल्टेज व धारा की ± 2% FSD

(ii) AC वोल्टेज व धारा की ± 3% FSD

(iii) प्रतिरोध मापन की 2% से 25° ARC

प्रश्न 6. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की frequency response कैसी होती है?

उत्तर इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की आवृत्ति अनुक्रिया अत्यन्त चौड़ी होती है।

प्रश्न 7. डिफ्रैन्स एम्प्लीफायर वोल्टमीटर का प्रयोग किस प्रकार के वोल्टेज मापन के लिए किया जाता है?

उत्तर डिफ्रैन्स एम्प्लीफायर वोल्टमीटर का प्रयोग लो-वोल्टेज मापन के लिए किया जाता है।

प्रश्न 8. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में AC वोल्टेज परास कितना होता है?

उत्तर इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में AC वोल्टेज परास 0.5 V से 300 V तक होता है।

प्रश्न 9. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर किसे कहते है?

उत्तर ऐसे मल्टीमीटर जिनके परिपथ में इलेक्ट्रॉनिक सर्किटस का प्रयोग किया जाता है, वह इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर कहलाते हैं।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. मल्टीमीटर क्या है? मल्टीमीटर का उपयोग करके किन राशियों का मापन हो सकता है? लिखिए।

अथवा **मल्टीमीटर के महत्त्व के बारे में लिखिए।** (2016)

उत्तर "मल्टीमीटर या मल्टीटेस्टर (या Volt/Ohm Meter या VOM) एक इलेक्ट्रॉनिक या इलेक्ट्रो मैकेनिकल मापन यन्त्र होता है जो कई मापन कार्यों को एक ही यूनिट में प्रदर्शित कर सकता है। यह DC वोल्टेज, DC धारा, AC वोल्टेज, AC धारा, प्रतिरोध आदि का मापन कर सकता है।"

आधुनिक मल्टीमीटर्स निम्न राशियों का मापन कर सकते है—
- Voltage, alternating and direct.
- Current, alternating and direct.
- Resistance

कुछ आधुनिक मल्टीमीटर्स निम्न का भी मापन कर सकते है—
- Transistor gain
- Capacitance
- Conductance
- Decibels
- Duty cycle
- Frequency
- Inductance
- Temperature with the help of a test probe (Thermocouple)

डिजिटल मल्टीमीटर्स में निम्न सुविधा होती है—
- Continuity checker which beeps when a circuit conducts.
- Diodes (measuring forward drop of diode junctions, *i.e.*, diodes and transistor junctions) and transistors (measuring current gain and other parameters).
- Battery checking for simple 1.5 volt and 9 volt batteries. This is a current loaded voltage scale. Battery checking (ignoring internal resistance, which increases as the battery is depleted), is less accurate when using a DC voltage scale.

मल्टीमीटर्स में सेन्सर जोड़कर निम्न का मापन भी किया जा सकता है—
- Light level
- Acidity/Alkalinity (pH)
- Wind speed
- Relative humidity
- मल्टीमीटर्स एनालॉग व डिजिटल दोनों प्रकार के होते हैं।

प्रश्न 2. DC वोल्टता एवं DC धारा के मापन का सिद्धान्त समझाइए।

अथवा **मल्टीमीटर द्वारा DC धारा का मापन कैसे किया जाता है?**

अथवा **DC वोल्टेज को मापने के सिद्धान्त के बारे में विस्तार से व्याख्या कीजिए।** (2014)

उत्तर **DC वोल्टेज मापन** Basic d' Arsonnal movement में एक series प्रतिरोध, जिसको multiplier R_s कहा जाता है लगाकर उसको DC वोल्टमीटर बनाया जाता है।

$$R_s = \frac{V}{I_m} - R_m$$

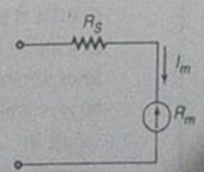
जहाँ, V = full scale voltage of the instrument
I_m = deflection current of the instrument
R_m = internal resistance of the movement

एक multirange dc voltmeter चित्र 2.1 में प्रदर्शित है।

DC धारा मापन DC Ammeter का basic movement एक PMMC galvanometer होता है। यदि धारा अधिक है, तो इसको shunt resistor द्वारा बाइपास किया जाता है। इस shunt प्रतिरोध का मान

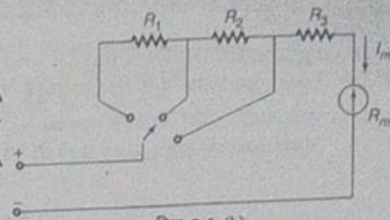
$$R_s = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

जहाँ R_m = internal resistance of meter
I_m = full scale deflection of movement
I = full scale current of ammeter including shunt



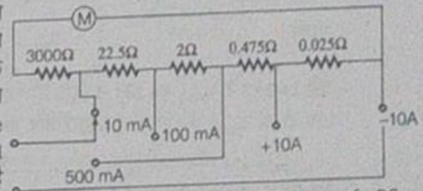
चित्र 2.1 (a)

चित्र 2.1 (b) में, d.c. current measurement के लिए multimeter का ammeter section प्रदर्शित किया गया है। कॉमन (+) तथा निगेटिव (–) टर्मिनलों को प्रयुक्त कर 500 mA तक धारा का मापन किया जा सकता है। शून्य से 10 A तक (0 – 10 A) धारा मापन के लिए दो अलग टर्मिनल (jack) + 10 A तथा –10 A दिये गये हैं।



चित्र 2.1 (b)

मापी जाने वाली धारा की मात्रा के अनुसार रेंज selector switch द्वारा range का चयन किया जा सकता है। यदि धारा के मान का अनुमान न हो तो higher range का मापन प्रारम्भ करना उचित रहता है जिससे मीटर को कोई क्षति न हो। प्रत्येक range पर meter network में shunting resistance का मान परिवर्तित हो जाता है। अधिक range पर shunt resistance का मान कम हो जाता है जिससे कि मीटर से केवल full scale deflection के लिए आवश्यक धारा प्रवाहित होती है तथा इंच धारा शंट में से प्रवाहित होती है।

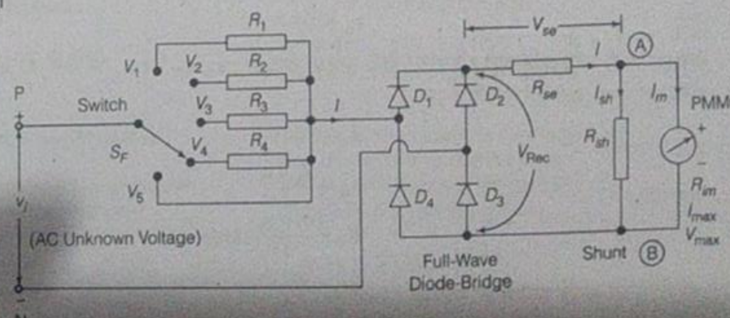


चित्र 2.1 (c) Ammeter Section of Multimeter for DC Current Measurement

प्रश्न 3. मल्टीमीटर द्वारा ए० सी० वोल्टता का मापन कैसे किया जाता है?

उत्तर **मल्टीमीटर में प्रयुक्त AC वोल्टता मापन का सिद्धान्त** Principle of AC Voltage Measurement in a Multimeter इस परिपथ में, AC विभव को DC गैल्वेनोमीटर (galvanometer) अर्थात् स्थिर चुम्बकीय मूविंग कुण्डली (PMMC) द्वारा मापन के लिए दिष्टकारी (Rectifier—पूर्ण/अर्द्ध तरंग दिष्टकारी) द्वारा AC विभव को DC विभव में रूपान्तरित करके गैल्वेनोमीटर को प्रदान की जाती है।

मल्टीमीटर में AC विभव मापन के सैद्धान्तिक परिपथ को चित्र 2.2 (a) में प्रदर्शित किया गया है। DC विभव मापन की अपेक्षा AC विभव मापन में, रेन्जों में प्रयुक्त प्रतिरोधों (R_1, R_2, R_3, R_4 एवं R_5) में से अधिकतम प्रवाहित धारा (I) का मान अधिक रखा जाता है जिससे कि दिष्टकारी (rectifier) में प्रयुक्त डायोडों (D_1, D_2, D_3 एवं D_4) में प्रवाहित इस धारा के कारण डायोडों का प्रचालन उनके विभव–धारा ($V – I$) अभिलक्षणों के रेखीय भाग (linear part) में हो सके। एक PMMC मीटर को पूर्ण-स्केल विस्थापन (full scale deflection) के लिए आवश्यक धारा का मान सामान्यतः 50 μA अथवा 100μA ही होता है। परन्तु डायोडों को उचित प्रकार से प्रचालित कराने के लिए सामान्यतः उनमें से अधिकतम धारा, 1mA मान की प्रवाहित की जाती है जोकि AC विभव की किसी भी अधिकतम रेन्ज द्वारा निर्धारित होती है। उदाहरण के लिए चित्र 2.2 (a) में AC विभव की 4th रेन्ज (0 – V_4) में V_4 विभव आयाम द्वारा प्रतिरोध R_5 से होकर 1 mA धारा प्रवाहित होनी चाहिए।



चित्र 2.2 (a) Principle Circuit for AC Voltage Measurement in a Multimeter

चूँकि मल्टीप्लायर प्रतिरोधों ($R_1, R_2 \ldots R_5$) एवं दिष्टकारी से प्रवाहित अधिकतम धारा (I) का मान, PMMC मीटर की पूर्ण-स्केल विक्षेपण के लिए आवश्यक धारा (I_{max}) से कई गुना अधिक होती है, अतः यह अतिरिक्त धारा ($I - I_{max}$) को, PMMC मीटर के पार्श्व (across) में संयोजित एक निम्न प्रतिरोध मान के प्रतिरोधक, R_{sh} से होकर पास कराते हैं, जिसे सामान्यतः शंट (shunt) कहते हैं। इस शंट के प्रतिरोध का मान (R_{sh}) निम्न सूत्र के द्वारा ज्ञात कर सकते हैं—

$$R_{sh} = \frac{\text{PMMC मीटर के पूर्णतः आवश्यक अधिकतम विभव}}{\text{शंट से प्रवाहित होने वाली अधिकतम धारा का मान}} = \frac{V_{max}}{I - I_{max}}$$

अर्थात्
$$R_{sh} = \frac{V_{max}}{I - I_{max}}$$

यदि PMMC के V_{max} का मान न दिया हो परन्तु उसके आन्तरिक प्रतिरोध (R_{m}) एवं अधिकतम धारा (I_{max}) के मान ज्ञात हों तो V_{max} को निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात कर सकते हैं—

$$V_{max} = I_{max} \cdot R_{m}$$

इस प्रकार, PMMC मीटर एवं शंट (R_{sh}) के समान्तरक्रम में संयोजित होने के कारण, इनके एक्रॉस (A एवं B बिन्दुओं के मध्य) अधिकतम विभवपात V_{max} होना चाहिए। परन्तु AC विभव की किसी भी रेंज में दिष्टकारी के आउटपुट पर प्राप्त, पूर्ण-तरंग स्पंदित विभव (full-wave pulsating voltage) का अधिकतम DC विभव मान, V_{dc} निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$V_{o(dc)} = \frac{2V_m\,(\text{Peak})}{\pi}$$

$$= \frac{2\sqrt{2}V_i}{\pi} = \frac{2.828}{\pi} = 0.9003\,V_i$$

$$V_{o(dc)} = 0.9003\,V_i \qquad \text{(for full-wave rectifier)}$$

यदि परिपथ में अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी (half-wave rectifier) प्रयुक्त किया गया हो, तो दिष्टकारी के आउटपुट पर, प्राप्त DC विभव का मान

$$V_{o(dc)} = \frac{0.9003}{2} V_i = 0.4502\,V_i$$

जहाँ, V_i = AC विभव की 5th Range ($0 - V_5$) में अधिकतम विभव का rms मान है।

अतः चित्र 2.2 (a) के अनुसार, R_{se} में विभवपात (V_{se}) का मान निम्न होना चाहिए—

$$V_{se} = V_{o(dc)} - V_{max}$$

अतः
$$R_{se} = \frac{V_{se}}{I}$$

प्रत्येक रेंज में अधिकतम धारा I प्रवाहित होनी चाहिए, अतः R_1, R_2, R_3 एवं R_4 प्रतिरोधों का मान निम्न समीकरणों द्वारा सरलता से ज्ञात कर सकते हैं—

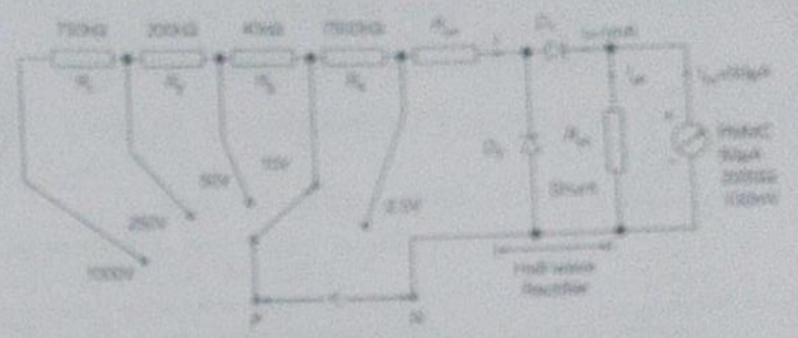
$$R_4 = \frac{V_4 - V_5}{I}$$

$$R_3 = \frac{V_3 - V_4}{I}$$

$$R_2 = \frac{V_2 - V_3}{I}$$

$$R_1 = \frac{V_1 - V_2}{I}$$

जहाँ, V_1 एवं V_5 = AC विभव रेंज मीटर की क्रमशः अधिकतम एवं न्यूनतम विभव रेंज है।



चित्र 2.2 (b) A Circuit for AC Voltmeter Measurement in a Commercial Multimeter

चित्र 2.2 (b) में प्रदर्शित, मल्टीमीटर का AC विभव मापन परिपथ निम्न प्रकार से प्रचालित होता है—परिपथ में AC विभव को DC विभव में परिवर्तित करने के लिए, D_1 एवं D_2 डायोड प्रयुक्त किये गये हैं। डायोड D_2, अज्ञात AC विभव (V_i) के ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र (negative half-cycle) को आगे से पास कर देता है जिससे डायोड D_1 को रिवर्स [illegible] संयोजित PMMC के एक्रॉस, 0.3 V ऋणात्मक विभव प्राप्त होती है जोकि PMMC को कोई नुकसान नहीं पहुँचा सकता है क्योंकि 0.3 V ऋणात्मक विभव में D_1 डायोड ऑन नहीं हो सकता है। प्रयुक्त AC विभव (V_i) के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में D_1 डायोड, फॉरवर्ड बायस में ऑन हो जाता है जिसके फलस्वरूप PMMC में DC धारा प्रवाहित होती है। इस प्रकार, D_1 एवं D_2 डायोड संयुक्त रूप से अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी (half-wave rectifier) के रूप में कार्य करते हैं। प्रयुक्त विभव के धनात्मक अर्द्ध-चक्र के औसत मान (average value) के अनुसार, PMMC में विक्षेपण (deflection) उत्पन्न होता है। PMMC मीटर के एक्रॉस एक प्रतिरोध, R_{sh} संयोजित रहता है जिसे शंट कहते हैं। PMMC में प्रवाहित धारा से अतिरिक्त धारा, इस शंट से होकर पास हो जाती है। परिपथ अर्थात् दिष्टकारी के लिए प्रयुक्त दिष्टकारी, D_1 एवं D_2 डायोडों के PMMC के लिए आवश्यक अधिकतम धारा, I_{max} से कहीं अधिक धारा को प्रवाहित की जाती है ताकि डायोड, अपने V-I अभिलक्षण के रेखीय भाग (linear part) में प्रचालित हो सकें।

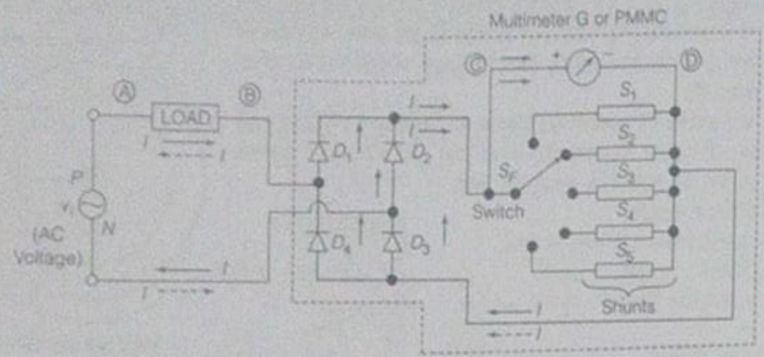
मल्टीमीटरों में सामान्यतः AC विभव एवं DC विभव रेन्जों के लिए, स्केल पर अंकित समान अंकों (same markings) को ही प्रयोग किया जाता है। चित्र 2.2 (b) में प्रयुक्त R_1, R_2, R_3, R_4 एवं R_5 प्रतिरोधों को विभिन्न AC रेन्जों के लिए गुणक (multipliers) कहते हैं।

प्रश्न 4. मल्टीमीटर द्वारा ए॰सी॰ धारा के मापन का सिद्धान्त समझाइए।

अथवा मल्टीमीटर द्वारा AC धारा के मापन का सिद्धान्त का वर्णन कीजिए। (2014)

उत्तर AC धारा मापन के लिए एक ब्रिज दिष्टकारी से होकर शंट एवं PMMC मीटर के समान्तरक्रम परिपथ को DC धारा प्रवाहित की जाती है, जैसा कि चित्र 2.3 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें जब इनपुट विभव, V_i धनात्मक होता है तो लोड से धारा A से B की तरफ होती है जोकि D_1 डायोड से होकर मिलीमीटर/PMMC मीटर एवं शंट में बिन्दु C से D की तरफ प्रवाहित होती हुई D_3 डायोड से होकर शक्ति-स्रोत (V_i) के बिन्दु M की तरफ प्रवाहित होती है। इसी प्रकार, जब V_i विभव ऋणात्मक पुनः पुनः होता है तब धारा का प्रवाह, बिन्दु N, D_2 डायोड, PMMC मीटर एवं शंट में बिन्दु C से D की तरफ प्रवाहित होती हुई, D_4 डायोड के द्वारा लोड में B बिन्दु से A के तरफ होती हुई, पावर सप्लाई के बिन्दु P पर पहुँचती है।

इस प्रकार, लोड एवं शक्ति-स्रोत में तो AC धारा प्रवाहित होती है जबकि पूर्ण-तरंग दिष्टकारी (full-wave rectifier) के सहयोग से PMMC एवं शंट से होकर सदैव DC धारा, C से D की तरफ प्रवाहित होती है।



चित्र 2.3 Principle Circuit for AC Current Measurement by a Multimeter

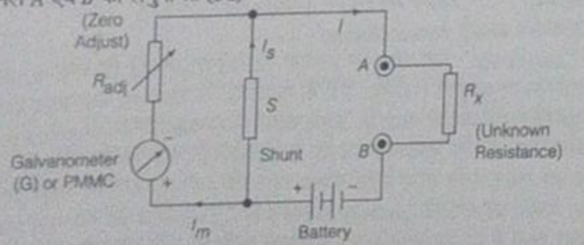
एक व्यापारिक मल्टीमीटर के DC धारा मापन परिपथ को, जिस DC परिपथ में धारा मापन करना हो उसकी श्रेणी में धनात्मक (+) एवं ऋणात्मक टर्मिनलों के माध्यम से संयोजित करते हैं। अब फंक्शन स्विच द्वारा आवश्यक रेन्ज (10 mA, 100 mA एवं 500 mA में से एक) का चयन करते हैं। परन्तु यदि 500 mA से अधिक धारा का मापन करना हो, तो परिपथ का संयोजन + 10 A टर्मिनल एवं ऋणात्मक टर्मिनल के द्वारा किया जाता है। यदि धारा की मात्रा का अनुमान न हो, तो मापन का प्रारम्भ उच्च रेन्ज (यहाँ 10 A रेन्ज) से करना चाहिए नहीं तो मीटर खराब होने की सम्भावना होती है। प्रत्येक रेन्ज पर, PMMC के एक्रॉस संयोजित शंट परिवर्तित अर्थात् शंट प्रतिरोध परिवर्तित हो जाता है। उच्च धारा रेन्ज (I) पर शंट प्रतिरोध का मान कम हो जाता है जिसके फलस्वरूप प्रत्येक रेन्ज में PMMC मीटर से केवल 0 से उस मीटर को अनुमत (allowed) अधिकतम धारा (I_G) तक ही प्रवाहित होती है तथा शेष धारा ($I - I_G$) शंट के द्वारा प्रवाहित हो जाती है।

प्रश्न 5. मल्टीमीटर द्वारा प्रतिरोध मापन का वर्णन कीजिए।

अथवा **प्रतिरोध को साधारण मल्टीमीटर से मापने के सिद्धान्त के बारे में विस्तार से व्याख्या कीजिए।** (2015)

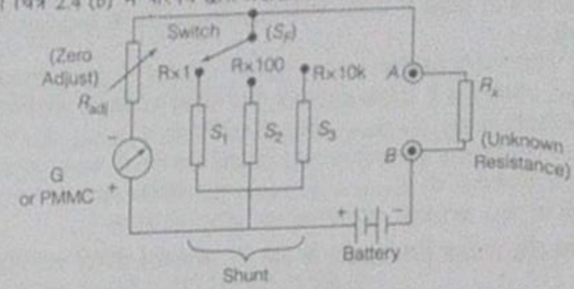
अथवा **मल्टीमीटर प्रतिरोध के मापन के सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।** (2018)

उत्तर **मल्टीमीटर द्वारा प्रतिरोध मापन** Resistance Measurement by a Multimeter मल्टीमीटर में प्रतिरोध मापन परिपथ अर्थात् ओहमीटर परिपथ के सैद्धान्तिक परिपथ को चित्र 2.4 (a) में तथा मल्टी रेन्ज ओहमीटर के सैद्धान्तिक परिपथ को चित्र 2.4 (b) में प्रदर्शित किया गया है। जब मीटर के प्रतिरोध मापन आउटपुट टर्मिनलों (A एवं B) को लघुपथित (short circuit) किया जाता है तो परिपथ में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है अतः उस समय गैल्वेनोमीटर/PMMC मीटर का पूर्ण विक्षेपण (full-deflection) करना चाहिए तथा संकेतक (pointer) को 0 Ω प्रदर्शित करना चाहिए क्योंकि इस समय अज्ञात प्रतिरोध (R_x) का मान शून्य है। इस परिपथ में शून्य समायोजन (zero adjustment) के लिए सामान्यतः गैल्वेनोमीटर (G)/PMMC मीटर के श्रेणी में एक परिवर्ती प्रतिरोध, R_{adj} संयोजित रहता है जिससे टर्मिनल A एवं B की लघुपथित (SC) अवस्था में संकेतक को पाद्यांक 0Ω पर समायोजित करते हैं।



चित्र 2.4 (a) Principle Circuit for Resistance Measurement by a Multimeter

गैल्वेनोमीटर (G)/PMMC मीटर के लिए वांछित धारा से अधिक धारा, शंट (S) के द्वारा पास हो जाती है। एक मल्टीमीटर में प्रतिरोध मापन की कई रेन्जें जैसे कि $R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1k$, $R \times 10\,k$ एवं $R \times 100\,k$ इत्यादि होती हैं जिसके सिद्धान्त को चित्र 2.4 (b) में परिपथ द्वारा प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 2.4 (b) Principle Circuit with Multi-range for Resistance Measurement by a Multimeter

प्रश्न 6. किसी मल्टीमीटर की विशिष्टताएँ दीजिए।

अथवा **मल्टीमीटर की विशिष्टता के बारे में लिखिए।** (2016)

उत्तर **मल्टीमीटर की विशिष्टताएँ** Specifications of Multimeter एक ऐनालॉग मल्टीमीटर की प्रमुख विशिष्टताएँ अग्रलिखित हैं—

1. **Sensitivity on DC**	30 kΩ/Volt
2. **DC Voltage Range**	2.5 V, 5 V, 50 V, 500 V तथा 2.5 kV
3. **AC Voltage Range**	5 V, 50 V, 500 V तथा 2.5 kV
4. **Sensitivity on AC**	2.5 kΩ/Volt
5. **DC Current Range**	4 μA, 2.5 mA, 25 mA, 250 mA, 2.5 A तथा 10 A
6. **AC Current Range**	100 mA, 500 mA, 2.5 A तथा 10 A
7. **Resistance Range**	$R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1\,k$ तथा $R \times 10\,k$
8. **decibel (dB) Range**	−20 dB से +16 dB, +6 dB से +36 dB तथा +26 dB से +60 dB

इसमें 0 dB को 600 Ω प्रतिरोध पर 1 mW आउटपुट पावर अंकित किया गया है।

9. **Accuracy**

(i) **DC Voltage and Current**	± 1.0% FSD on all ranges except on 2.5 kV where it is ± 2.0%

जहाँ FSD = Full Scale Deflection

(ii) **AC Voltage and Current**	± 1.5% FSD on all ranges except on 2.5 kV where it is ± 2.5%
(iii) **Resistance**	$R \times 1$, $R \times 10$ — 2° of arc at centre scale
	$R \times 100$, $R \times 1\,k$, $R \times 10\,k$ — 1.5° of arc at centre scale
10. **Frequency Response**	Flat from 20 Hz to 40 kHz in 2.5 V to 50 V ranges. The response limit comes down in higher ranges.
11. **Operating Temperature**	27°C for rated accuracy and upto 50°C with reduced accuracy
12. **Batteries Required**	1.5 V–1 No. and 9V–1 No.

प्रश्न 7. मल्टीमीटर की परिसीमाएँ बताइए।

अथवा **आवृत्ति एवं प्रतिबाधा के सम्बन्ध में मल्टीमीटर की सीमाएँ लिखिए।** (2016)

उत्तर **मल्टीमीटर की परिसीमाएँ** Limitations of Multimeter साधारण मल्टीमीटर की पहली मुख्य परिसीमा यह है कि इनका उपयोग लघु स्तरीय सिगनल को ज्ञात करने के लिए नहीं किया जा सकता है। इसका कारण यह है कि इनमें विक्षेपण बहुत कम होता है जिससे मापने के लिए सही पाद्यांक प्राप्त होना बहुत मुश्किल हो जाता है। फलतः साधारण

Scanned with CamScanner

ऐनालॉग मल्टीमीटर का उपयोग लघु उत्तरीय सिगनल को मापने के लिए नहीं किया जा सकता है। दूसरे शब्दों में, साधारण मल्टीमीटर की सुग्राहिता बहुत कम होती है।

साधारण ऐनालॉग मल्टीमीटर की दूसरी परिसीमा (limitation) यह होती है कि उसका उपयोग बहुत उच्च आवृत्ति रेन्ज के लिए नहीं किया जा सकता है, क्योंकि इनका response, practically frequency की extremely wide range से प्रभावित होता है।

उपरोक्त दो परिसीमाओं के अतिरिक्त साधारण ऐनालॉग मल्टीमीटर की तीसरी परिसीमा यह होती है कि इनमें power consumption अधिक होता है, क्योंकि मल्टीमीटर, जिस परिपथ का वोल्टेज मापना होता है उससे power प्राप्त करता है। अतः मल्टीमीटर का I/p impedance reduce हो जाने के कारण loading effect प्रभावी हो जाता है तथा loading effect से वास्तविक पाठ्यांक प्राप्त न होकर दूसरा पाठ्यांक प्राप्त होता है, फलतः पाठ्यांक में त्रुटि उत्पन्न होती है।

उपरोक्त सभी परिसीमाओं को Electronic multimeter द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है।

उच्च आवृत्तियों पर मीटर द्वारा मापी गई राशि का मान त्रुटिपूर्ण हो सकता है।

प्रश्न 8. चल लौह उपयन्त्र कितने प्रकार के होते हैं? प्रतिकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र का नामांकित चित्र खींचिए।

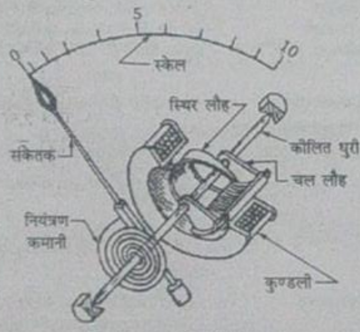
उत्तर चल लौह उपयन्त्र सामान्यतः दो प्रकार के होते हैं।

(i) आकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र

(ii) प्रतिकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र

प्रतिकर्षण प्रारूपी Repulsion Type

संरचना Construction इसकी विक्षेपण प्रणाली दो मृदु लोहे के टुकड़ों को एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित करने से निर्मित होती है। एक लोहे का टुकड़ा, जिसे स्थिर लौह (fixed iron) कहते हैं, कुण्डली के साथ स्थिर रहता है और दूसरा लोहे का टुकड़ा जिसे चल लौह (moving iron) कहते हैं, एक कीलित धुरी से जुड़ा रहता है। दोनों ही लोहे के टुकड़े एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित होते हैं। अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि के मान को सूचित करने के लिये चलतन्त्र के साथ एक संकेतक लगा रहता है। विक्षेप को नियन्त्रित करने के लिये सामान्यतः कमानी नियन्त्रण प्रणाली तथा अवमंदन के लिये वायु-घर्षण अवमंदन प्रणाली भी उपयन्त्र में स्थित होती है।



चित्र 2.5 (a) प्रतिकर्षण उपयन्त्र

कार्यविधि Working जब मीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है तो कुण्डली से विद्युत धारा प्रवाहित होती है, जिससे इसमें चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति होती है। चूँकि दोनों ही लोहे के टुकड़े इस एक ही कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित है, अतः चुम्बकीय प्रेरण के नियमानुसार दोनों ही ऐसे चुम्बक बनते हैं जिनकी ध्रुवीयता (polarity) सजातीय होती है। अतः चुम्बकीय गुण के अनुसार एक-दूसरे को प्रतिकर्षित (repel) करते हैं। चूँकि दोनों में से एक लोहे का टुकड़ा स्थिर है, अतः वह लोहे का टुकड़ा जो चलने के लिये स्वतन्त्र है, दोनों के बीच कार्य कर रहे प्रतिकर्षण बल के कारण विक्षेपित होता है। इस प्रकार विक्षेपित चलतन्त्र के विक्षेप को उपयन्त्र की नियन्त्रण प्रणाली इसके विपरीत बलघूर्ण उत्पन्न कर

नियन्त्रित करती है और अवमन्दन प्रणाली के प्रभाव से वह दोनों बलों के सन्तुलन बिन्दु पर शीघ्र स्थिर हो जाती है। इस प्रकार चल-तन्त्र के साथ लगा संकेतक अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि के मान को सूचित करता है।

यदि उपयन्त्र की कुण्डली से i ऐम्पियर की विद्युत धारा प्रवाहित हो रही हो, जो एमीटर के लिये परिपथ की धारा तथा वोल्टमीटर के लिये परिपथ की वोल्टता के समानुपाती होगी, तो

विक्षेपण बलघूर्ण, $T_d = Ki^2$

कमानी नियन्त्रण प्रणाली के लिये,

नियन्त्रण बलघूर्ण, $T_c = K'\theta$

∴ सन्तुलित स्थिति में $T_d = T_c$

∴ $Ki^2 = K'\theta$

अतः विक्षेप, $\theta \propto i^2$

यदि उपयन्त्र प्रत्यावर्ती परिपथ में उपयोग में लाया जाये तो,

विक्षेप, $\theta \propto i^2_{rms}$

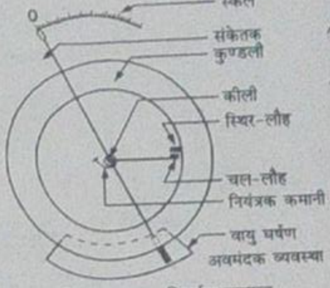
यदि गुरुत्व नियन्त्रण प्रणाली उपयोग में लायी गयी हो तो

नियन्त्रण बलघूर्ण, $T_c = K_1 \sin\theta$

सन्तुलित स्थिति में, $T_d = T_c$

या $Ki^2 = K_1 \sin\theta$

अतः विक्षेप, $\theta = \sin^{-1} i^2$



चित्र 2.5 (b) प्रतिकर्षण उपयन्त्र

नोट—

(i) चूँकि चल लौह प्रारूपी उपयन्त्र के दोनों ही रूपों में विक्षेपण, कुण्डली से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा के वर्ग के समानुपाती है, अतः प्रत्यावर्ती परिपथ में ये उपयन्त्र विद्युत धारा या वोल्टता का R.M.S. मान पढ़ेंगे।

(ii) उपयन्त्र के विक्षेप तथा उसकी कुण्डली की विद्युत धारा के सम्बन्ध से स्पष्ट है कि प्रारम्भ में विक्षेप कम अन्तर पर तथा बाद में अधिक अन्तर के साथ प्राप्त होगा। अतः इसका स्केल सम नहीं होगा। स्केल में यथासम्भव समानता लाने के लिये प्रतिकर्षण प्रारूपी।

उपयन्त्र में छड़ के आकार के लोहे के टुकड़ों का उपयोग न कर एक विशेष आकार की (जीभ के आकार की) पत्तियों (tongue-shaped strips) का उपयोग किया जाता है, जैसा चित्र 2.5(a) में दिखाया गया है।

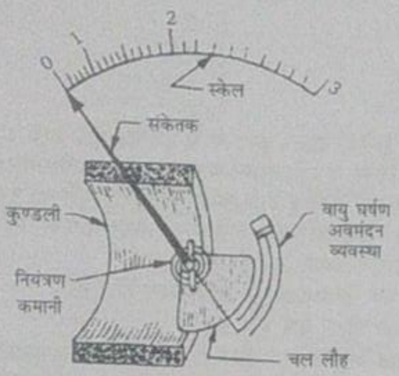
(iii) उपयन्त्र की कुण्डली से किसी भी दिशा में विद्युत धारा प्रवाहित हो रही हो, उसके अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति हर स्थिति में होती है, अतः उसमें होने वाले आकर्षण या प्रतिकर्षण के सिद्धान्त पर विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा में परिवर्तन से कोई अन्तर नहीं पड़ेगा। इससे स्पष्ट है कि इन उपयन्त्रों का उपयोग दिष्ट धारा व प्रत्यावर्ती धारा, दोनों ही परिपथों में किया जा सकता है।

प्रश्न 9. आकर्षण प्रारूपी चल लौह उपयन्त्र का नामांकित चित्र देते हुए चल लौह उपकरण के गुण एवं दोषों का विवरण दीजिए।

उत्तर **आकर्षण प्रारूपी** Attraction Type

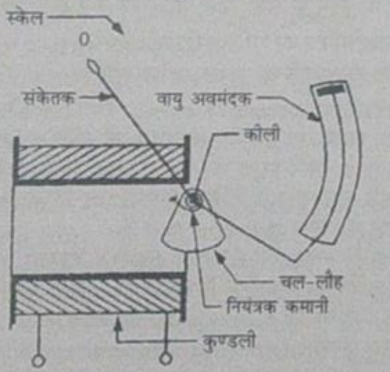
संरचना Construction इस प्रकार के उपयन्त्र की विक्षेपण प्रणाली मृदु लोहे के एक कीलित (pivoted) टुकड़े तथा एक परिनालिका या कुण्डली से निर्मित होती है। कुण्डली, जो सामान्यतः बेलनाकार होती है, विद्युत रोधक युक्त ताँबे के तार को कुण्डलित कर बनायी जाती है। विद्युत परिपथ में सम्बद्ध स्थिति (connected position) के अनुसार इसमें विद्युत धारा प्रवाहित होती है और चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति होती है। यहाँ कीलित लोहे का टुकड़ा कुण्डली के चुम्बकीय क्षेत्र के निकट इस प्रकार स्थित रहता है कि इसका अधिकतम भाग कुण्डली के अन्दर प्रवेश कर सके। चल-तन्त्र की धुरी (spindle) अर्थात् वह कीलित (pivoted) अक्ष छड़ जिस पर उपयन्त्र का चल-तन्त्र घूमता है, के साथ एक संकेतक इस प्रकार जुड़ा रहता है कि वह उपयन्त्र की अंशांकित स्केल पर गति कर सके। विक्षेप को नियन्त्रित करने के लिये इसमें

कमानी नियन्त्रण प्रणाली या गुरुत्व नियन्त्रण प्रणाली होती है तथा अवमन्दन के लिये वायु घर्षण अवमन्दन प्रणाली का उपयोग किया जाता है।



चित्र 2.6 (a) आकर्षण उपयन्त्र

कार्यविधि Working जब मीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है तो उसकी कुण्डली से विद्युत धारा प्रवाहित होती है और इसके अन्दर चुम्बकीय क्षेत्र की उत्पत्ति होती है। चूँकि इसके निकट स्थित मृदु लोहे का टुकड़ा एक चुम्बकीय पदार्थ है, अत: चुम्बकीय क्षेत्र के आकर्षण के कारण इसका स्वतन्त्र भाग कुण्डली के केन्द्र की ओर आकर्षित होता है। इसके फलस्वरूप चल-तन्त्र पर विक्षेपण बलघूर्ण की उत्पत्ति होती है और इससे उसमें विक्षेप उत्पन्न होता है। विक्षेपण बलघूर्ण से प्रभावित उपयन्त्र पर स्थित नियन्त्रण प्रणाली, इस बलघूर्ण के विपरीत नियन्त्रण बलघूर्ण को उत्पत्ति कर विक्षेप को नियन्त्रित करती है तथा चल-तन्त्र उस स्थिति पर स्थिर होने का प्रयत्न करता है जहाँ दोनों बलघूर्ण सन्तुलित होते हैं। उपयन्त्र में स्थित वायु घर्षण अवमन्दन प्रणाली चल-तन्त्र को सन्तुलन बिन्दु पर शीघ्र स्थिर कर देती है तथा चल-तन्त्र के साथ लगा संकेतक अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि का मान सूचित करता है।



चित्र 2.6 (b) आकर्षण उपयन्त्र

यदि उपयन्त्र की कुण्डली से i ऐम्पियर विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है जो एमीटर के लिए परिपथ की विद्युत धारा तथा वोल्टमीटर के लिये परिपथ की वोल्टता के समानुपाती होगी और यदि θ विक्षेपित स्थिति पर उपयन्त्र का चल-लौह, कुण्डली के फ्लक्स की दिशा की लम्बवत् दिशा से $(\theta + \phi)$ कोण बनाता हो, तो

विक्षेपण बलघूर्ण, $T_d = Ki^2 \sin 2(\theta + \phi)$

यदि कमानी नियन्त्रण उपयोग में लाया गया हो, तो

नियन्त्रण बलघूर्ण, $T_c = K'\theta$

सन्तुलित स्थिति में, $T_d = T_c$

या $Ki^2 \sin 2(\theta + \phi) = K'\theta$

या $\theta \propto i^2$

यदि उपयन्त्र प्रत्यावर्ती परिपथ से जुड़ा हो तो,

$$\theta \propto i_{rms}^2$$

यदि गुरुत्व नियन्त्रण प्रणाली उपयोग में लायी गयी हो, तो

नियन्त्रण बलघूर्ण, $T_c \propto K_1 \sin\theta$

और सन्तुलित स्थिति में, $T_d = T_c$

या $Ki^2 \sin 2(\theta + \phi) = K_1 \sin\theta$

अत: विक्षेप, $\theta \propto \sin^{-1}[i^2 \sin 2(\theta + \phi)]$

चल लौह उपयन्त्रों के गुण एवं दोष

गुण Advantages चल लौह उपयन्त्रों के गुण निम्नलिखित होते हैं—

(i) ये उपयन्त्र सस्ते, मजबूत, विश्वास योग्य तथा निम्न आवृत्ति के उच्च शक्ति परिपथों के लिये उपयुक्त होते हैं।

(ii) इन उपयन्त्रों को a.c. तथा d.c. दोनों परिपथों में उपयोग में लाया जा सकता है।

(iii) इनमें प्राप्त विक्षेपण बलघूर्ण उच्च होता है।

(iv) ये उपयन्त्र कुछ क्षणों तक अतिभार भी सहन कर सकते हैं।

(v) ये उपयन्त्र प्रयोगशाला तथा औद्योगिक दोनों ही क्रम की परिशुद्धता के बनाये जाते है और उपलब्ध हैं।

दोष Disadvantages चल लौह उपयन्त्रों के दोष निम्नलिखित होते हैं—

(i) इन उपयन्त्रों का स्केल सम नहीं होता।

(ii) इनमें निम्न वोल्टता मानों पर शक्ति शोषण अधिक होता है।

(iii) आवृत्ति में परिवर्तन आने पर उपयन्त्र के पाठ्यांक में गम्भीर त्रुटि आ जाती है।

प्रश्न 10. चल लौह उपयन्त्रों में त्रुटि के स्रोत (Sources of error) का वर्णन कीजिए।

उत्तर **त्रुटि के स्रोत** Sources of Error इन उपयन्त्रों में पायी जाने वाली त्रुटियाँ मुख्यत: दो प्रकार की होती है—

1. A.C व D.C. दोनों में त्रुटि

(i) **हिस्टेरेसिस के कारण** Due to Hysteresis उपयन्त्र के चल-तन्त्र में उपयोग में लाये गये लौह-भागों में होने वाली हिस्टेरेसिस हानि के कारण उतरते हुये मानों के पाठ्यांक, चढ़ते हुये मानों के पाठ्यांक की अपेक्षा उच्च होते हैं। म्यूमेटल (mumetal) या पार-मिश्रधातु (permalloy) आदि का उपयोग कर, जिसमें कि हिस्टेरेसिस हानि नगण्य होती है, इस त्रुटि की लगभग दूरी किया जा सकता है।

(ii) **विपथित क्षेत्र के कारण** Due to Stray Field विपथित क्षेत्र से प्रभावित होकर भी उपयन्त्र त्रुटिपूर्ण पाठ्यांक देते हैं। इस स्थिति में त्रुटि कितनी मात्रा में होगी, यह इस बात पर निर्भर करता है कि विपथित क्षेत्र उपयन्त्र के कार्यकारी क्षेत्र से कितना अधिक शक्तिशाली है। इससे बचने के लिये आवश्यक है कि या तो उपयन्त्र का आवरण ढलवाँ लोहे (cast iron) का हो या उसके बॉक्स पर शीट इस्पात (sheet steel) की लाइनिंग दी गयी हो।

2. केवल A.C. में त्रुटि—प्रत्यावर्ती धारा परिपथ पर उपयन्त्र में त्रुटि, आवृत्ति में परिवर्तन के कारण (due to change in frequency) भी होती है जिससे

(i) उपयन्त्र की कुण्डली की प्रतिबाधा (impedance) परिवर्तित हो जाती है,

(ii) भँवर धाराओं का मान भी बढ़ जाता है।

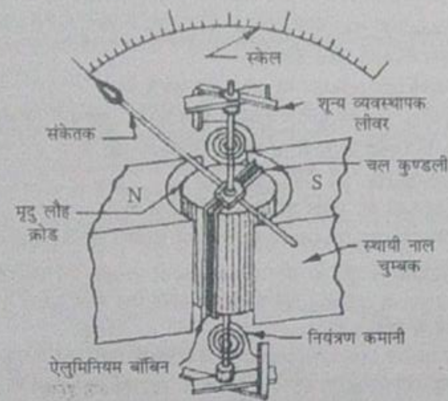
आवृत्ति के बढ़ने के साथ उपयंत्र के L के बढ़ने से बढ़ने वाली प्रतिबाधा का प्रभाव वोल्टमीटर के पाठ्यांक पर बहुत अधिक पड़ता है और इस त्रुटि को उपयन्त्र में ताप निष्प्रभावी प्रतिरोध (swamp resistance) अर्थात् गुणक के समान्तर क्रम में एक संधारित्र (capacitor) C $(= 0.41\,L/R^2)$ लगाकर कम किया जाता है। ऐसा करने पर परिपथ की प्रतिबाधा, आवृत्ति के प्रभाव से मुक्त हो जाती है।

Scanned with CamScanner

प्रश्न 11. स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्रारूपी की संरचना एवं कार्यविधि का वर्णन कीजिए तथा इसके गुण एवं दोषों को प्रकाशित कीजिए।

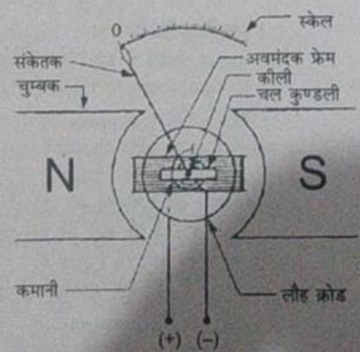
उत्तर स्थायी चुम्बक चल कुण्डल प्रारूपी Permanent Magnet Moving Coil Type

संरचना—इस प्रकार के उपयन्त्र की विक्षेपण प्रणाली एक स्थायी नाल चुम्बक तथा लौह क्रोड युक्त कीलित आयताकार कुण्डली से निर्मित होता है। विद्युतरोधक युक्त बारीक ताँबे के तार को, ऐलुमिनियम का बॉबिन (bobbin) पर लपेटने से निर्मित यह कुण्डली एक कीलित धुरी पर स्थित होती है जो नाल चुम्बक के ध्रुवों के बीच रहती है और चल कुण्डली कहलाती है। चल कुण्डली में फ्लक्स ग्रंथन (flux linkage) बढ़ाने तथा अर्द्धव्यासीय (radial) फ्लक्स प्राप्त करने के लिये उपयोग में लाया गया मृदु लोहे का एक बेलनाकार क्रोड इस प्रकार स्थित रहता है कि चल कुण्डली, क्रोड तथा ध्रुवों के बीच स्थित वायु अंतराल (air gap) में गति कर सके। उपयन्त्र के चल-तन्त्र के साथ दो कमानियाँ लगी होती हैं जो उपयन्त्र के लिये नियन्त्रण प्रणाली का निर्माण करने के साथ-साथ कुण्डली के लिये संयोजक तार (lead-in-wire) का भी कार्य करती हैं। वह ऐलुमिनियम की बॉबिन, जिस पर कि चल कुण्डली कुण्डलित रहती है, स्थायी चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित होने के कारण भँवर धारा अवमन्दन प्रदान करती है। चल-तन्त्र के साथ एक संकेतक लगा होता है जो अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि का मान सूचित करता है।



चित्र 2.7 (a) स्थायी चुम्बक चल कुण्डल उपयन्त्र

कार्यविधि Working जब मीटर को परिपथ में जोड़ा जाता है तो उसकी कुण्डली से विद्युत धारा प्रवाहित होती है। चूँकि कुण्डली को स्थायी चुम्बक के चुम्बकीय क्षेत्र में रखा गया है और उसके चालकों से विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है, अत: इसकी कुण्डली के दोनों ओर यांत्रिक बलों के कार्य करने के कारण चल कुण्डली अपनी कीली पर विक्षेपित होती है। विक्षेपण बलघूर्ण द्वारा विक्षेपित चल कुण्डली के विक्षेपित होने से उसके साथ लगी कमानियों में घुमाव (twist) आता है; अत: कमानी नियन्त्रण प्रणाली, विक्षेपण बलघूर्ण के विपरीत व बराबर नियन्त्रण बलघूर्ण उत्पन्न करती है। उपयन्त्र की भँवरधारा अवमंदन प्रणाली इसके चल-तन्त्र को उस स्थिति पर शीघ्रतापूर्वक रोक देती है जहाँ विक्षेपण व नियन्त्रण बलघूर्ण संतुलित होते हैं।



चित्र 2.7 (b) PMMC उपयन्त्र

यदि इस स्थिति में उपयन्त्र की चल कुण्डली से विद्युत धारा I प्रवाहित हो रही हो और उसके चल-तन्त्र का विक्षेपण θ हो, तो

विक्षेपण बलघूर्ण, $T_d \propto I$

तथा नियन्त्रण बलघूर्ण $T_c \propto \theta$

संतुलित स्थिति में, $T_c = T_d$

अत: विक्षेप, $\theta \propto I$

इस प्रकार चल-तन्त्र का विक्षेप, उसकी कुण्डली से प्रवाहित होने वाली उस विद्युत धारा के समानुपाती होता है जो एमीटर के लिये कार्यभार विद्युत धारा के बराबर व समानुपाती तथा वोल्टमीटर के लिये कार्यभार वोल्टता के समानुपाती होती है। चलतन्त्र के साथ लगा संकेतक उसी अन्तिम विक्षेपित स्थिति को उपयन्त्र की अंशांकित स्केल पर विद्युत राशि के रूप में सूचित करता है। चूँकि यहाँ विक्षेप कुण्डली की विद्युत धारा के समानुपाती है, अत: प्राप्त स्केल सम होता है।

गुण Advantages इसके गुण निम्नलिखित हैं—

(i) इनमें लगभग 270° तक फैला हुआ सम स्केल प्राप्त होता है।
(ii) इनमें विद्युत शक्ति का शोषण कम होता है।
(iii) इनका बलघूर्ण व भार अनुपात उच्च होता है; अत: ये उपयन्त्र सुग्राही (sensitive) होते हैं।
(iv) शंट व गुणक का उपयोग कर इनके परास को काफी उच्च सीमा तक बढ़ाया जा सकता है।
(v) इनमें चल-तन्त्र में लौह भाग न होने के कारण हिस्टेरेसिस हानि नहीं होती।
(vi) इनकी भँवर धारा अवमन्दन प्रणाली अपेक्षाकृत काफी प्रभावी व दक्ष होती है।
(vii) चूँकि इनका कार्यकारी चुम्बकीय क्षेत्र काफी प्रभावी होता है; अत: विपथित क्षेत्र (stray field) का भी इसमें प्रभाव बहुत कम होता है।

दोष Disadvantages इसके दोष निम्नलिखित हैं—

(i) चल लौह प्रारूपी उपयन्त्रों की अपेक्षा इनकी संरचना नाजुक व अपेक्षाकृत उलझनयुक्त होती है।
(ii) इन्हें केवल दिष्ट धारा परिपथों में ही उपयोग में लाया जा सकता है, प्रत्यावर्ती धारा परिपथों में नहीं।
(iii) नियन्त्रण कमानी के प्रभाव के धीरे-धीरे क्षीण हो जाने तथा स्थायी चुम्बकत्व के भी धीरे-धीरे क्षीण हो जाने के कारण इनके जीवन के बढ़ने के साथ-साथ परिशुद्धता कम होती जाती है।

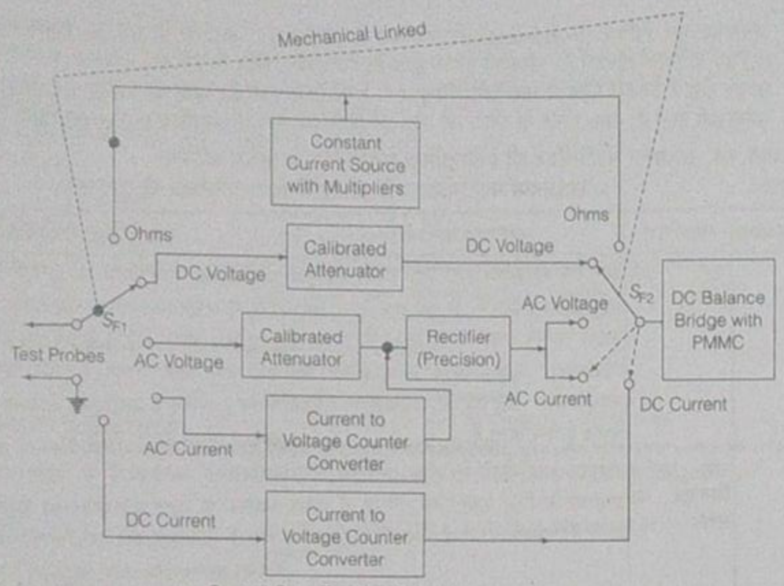
प्रश्न 12. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। (2013)

***अथवा* एक इलेक्ट्रॉनिक बहुलमापी का खण्ड आरेख खींचिए।**

उत्तर इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर Electronic Multimeter चित्र 2.8 में एक इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के ब्लॉक आरेख को प्रदर्शित किया गया है। इसके द्वारा सामान्य मल्टीमीटर की भाँति DC/AC विभव, DC/AC धारा, प्रतिरोध एवं पावर का मापन किया जा सकता है। इसमें प्रमुख रूप से सामान्यत: निम्न स्टेजें होती हैं—

(i) फंक्शन स्विच, जिसके द्वारा मापन के विभिन्न फंक्शनों (DC विभव, AC विभव, DC धारा, AC धारा एवं प्रतिरोध) में से वांछित फंक्शन का चयन (selection) करते हैं।
(ii) प्रत्येक राशि के लिए सामान्यत: अलग-अलग अंशांकित तनुकारी (calibrated attenuator) होती है।
(iii) AC को DC में परिवर्तित करने के लिए दिष्टकारी (rectifier) परिपथ।
(iv) DC सन्तुलित ब्रिज प्रवर्धक (DC balance bridge amplifier)।
(v) स्थाई चुम्बक गतिमान कुण्डली (permanent magnet moving coil; PMMC) मीटर, संकेतक (pointer) एवं स्केल सहित।
(vi) आन्तरिक बैटरी (internal battery)।
(vii) प्रतिरोध मापन परिपथ में स्थिर धारा-स्रोत (constant current source; CCS) परिपथ।
(viii) धारा मापन परिपथ में धारा के समानुपाती विभव परिवर्तित (current to voltage converter) परिपथ, इत्यादि।

कुछ इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में, मेन्स पावर सप्लाई से प्रचालित करने के लिए अन्दर पावर सप्लाई परिपथ निर्मित रहता है।



S_{F1} and S_{F2} = Function Switches

चित्र 2.8 Block Diagram of Electronic Multimeter

प्रश्न 13. साधारण मल्टीमीटर के ऊपर इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के लाभों की विवेचना कीजिए। (2013,18)

अथवा **साधारण मल्टीमीटर के ऊपर इलेक्ट्रॉनिक वोल्टता मापक के लाभ की विवेचना कीजिए। सन्तुलित सेतु फेट वोल्टता मापक का परिपथ चित्र खींचिए एवं कार्यविधि समझाइए।**

अथवा **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के लाभों का उल्लेख कीजिए।** (2014, 16)

उत्तर साधारण मल्टीमीटर की अपेक्षाकृत इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं—

1. लघु भार प्रभाव (Less Loading Effect)
2. लघु स्तरीय सिगनलों का मापन (Measurement of Low Level Signals)
3. उच्च आवृत्ति सीमा (High Frequency Range)
4. प्रतिरोध मापन में कम शक्ति व्यय (Low Power Consumption in the Resistance Measurement)।

1. लघु भार प्रभाव Less Loading Effect एक सामान्य मल्टीमीटर में प्रयुक्त स्थाई चुम्बक चल कुण्डली (Permanent Magnet Moving Coil; PMMC) मीटर, जिस परिपथ में कोई विद्युत राशि (विभव/धारा/प्रतिरोध/पावर) मापी जानी है, उसके साथ लगभग सीधे संयोजित होता है। चूँकि PMMC मीटर की सुग्राहिता (sensitivity) बहुत कम अर्थात् इनपुट प्रतिबाधा बहुत कम होती है, अत: वह राशि मापे जाने वाले परिपथ से अधिक पावर ग्रहण (draw) करता है। यदि सामान्य मल्टीमीटर में प्रयुक्त PMMC मीटर की सुग्राहिता 20 kΩ/V है तो PMMC मीटर में पूर्ण स्केल विक्षेपण (full scale deflection) प्राप्त करने के लिए, मल्टीमीटर की सभी रेन्जों में सुग्राहिता 20 kΩ/V ही रखनी होती है।

20 kΩ/V सुग्राहिता वाले साधारण मल्टीमीटर की 0–0.5 V रेन्ज में इनपुट प्रतिबाधा, $R_i = [20\ k\Omega/V \times (0.5\ V)] = 10k\Omega$ होती है। अत: इस रेन्ज में मीटर को, 0.5 V इनपुट विभव प्रयुक्त करने पर, PMMC मीटर में प्रवाहित धारा का मान $I = 0.5\ V/10\ k\Omega = (0.5 \times 10^3)/10\mu A = 50\ \mu A$ होता है। चूँकि साधारण मल्टीमीटर यह धारा, मापे जाने वाले परिपथ से ग्रहण करता है। साधारण मल्टीमीटर द्वारा इलेक्ट्रिकल एवं कुछ इलेक्ट्रॉनिक परिपथों से 50 μA धारा ग्रहण करना लगभग नगण्य प्रभाव रखते हैं अत: उन स्थानों पर साधारण

मल्टीमीटरों का प्रयोग किया जा सकता है परन्तु यह मल्टीमीटर, कुछ विशेष इलेक्ट्रॉनिक एवं कम्युनिकेशन परिपथों में **अत्यधिक लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करते हैं**, जिससे मापी गई राशि त्रुटि पूर्ण प्राप्त होती है तथा मापे जाने वाले परिपथ का प्रचालन भी प्रभावित हो सकता है।

इसके विपरीत इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों की इनपुट प्रतिबाधा सभी रेन्जों में समान तथा अति उच्च (लगभग 10 MΩ से 100 MΩ तक) होती है जिससे इस प्रकार का मीटर मापे जाने वाले परिपथ से अति कम धारा ग्रहण करता है अर्थात् इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर अतिलघु अर्थात् नगण्य (negligible) लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करता है। इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों की इनपुट प्रतिबाधा अत्यन्त उच्च होने का कारण यह है कि इसमें प्रयुक्त किये जाने वाला PMMC मीटर के प्रचालन के लिए धारा, मापी जाने वाली राशि से नहीं बल्कि सक्रिय युक्तियों (FETs, Transistors इत्यादि) को बॉयस के लिए प्रयुक्त अन्य DC शक्ति स्रोत से प्राप्त करता है तथा इसमें उच्च इनपुट प्रतिबाधा वाली इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों का प्रयोग किया जाता है।

इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों की इनपुट प्रतिबाधा अति उच्च होने के कारण ही इन मीटरों को कम्युनिकेशन एवं अन्य अति निम्न पावर में प्रचालित होने वाले इलेक्ट्रॉनिक परिपथों में मापन के लिए उपयोग किया जाता है।

2. लघु स्तरीय सिगनलों का मापन Measurement of Low Level Signals साधारण मल्टीमीटरों में प्रयुक्त PMMC मीटर प्रचालन के लिए पावर, उस परिपथ से ग्रहण करते हैं जिसकी विभव/धारा मापनी होती है। चूँकि उच्च गुणवत्ता युक्त PMMC मीटर के पूर्ण स्केल विक्षेपण (full scale deflection) के लिए कम से कम 50 μA धारा की आवश्यकता होती है, अत: साधारण मल्टीमीटरों को कम्युनिकेशन एवं कुछ विशेष प्रकार के इलेक्ट्रॉनिक परिपथों (जैसेकि हाथ की घड़ियाँ, कैलकुलेटर, लेपटॉप इत्यादि) की राशि मापन में प्रयोग नहीं किया जा सकता है क्योंकि इन परिपथों में प्रवाहित धारा का मान pA में होता है। यदि इन परिपथों की विभव/धारा मापन में साधारण मल्टीमीटर प्रयोग किया जाए तो यह मीटर उन परिपथों की प्रचालन धारा से कई सौ गुना अधिक धारा इन परिपथों से ग्रहण करने के कारण, मापी जाने वाली राशि (विभव/धारा) को अति अधिक लोडिंग कर देता है जिससे मापा जाने वाला सिगनल (वोल्टेज/धारा) बहुत अधिक विरूपित (distorted) हो जाता है।

अत: निम्न पावर (low power) वाले सिगनलों के मापन के लिए, ऐसे मापक की आवश्यकता होती है जो मापे जाने वाले परिपथ से अत्यधिक कम पावर (अर्थात् धारा) ग्रहण करें। इसके लिए इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों का प्रयोग करना उचित है क्योंकि इनकी इनपुट प्रतिबाधा अत्यधिक उच्च (लगभग 10 MΩ से 100 MΩ तक) होती है जिससे ये मापे जाने वाले परिपथ से बहुत ही कम लगभग नगण्य पावर/धारा ग्रहण करते हैं। इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में प्रयुक्त PMMC मीटर, प्रचालन के लिए पावर/धारा का ग्रहण प्रवर्धकों से करते है जोकि मापे जाने वाले सिगनल से बहुत ही कम लगभग नगण्य पावर ग्रहण करके भी उसके समानुपाती आवश्यक पावर/धारा PMMC मीटर को अन्य DC शक्ति स्रोत से ग्रहण करके, प्रदान करते हैं। अत: इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा अत्यन्त कम स्तरों के सिगनलों (very low level signals) का मापन भी सम्भव है।

3. उच्च आवृत्ति सीमा High Frequency Range इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों के मापन परिपथों में सक्रिय युक्तियों (FETs, transistors, op-amps इत्यादि) का प्रयोग किया जाता है जिसके फलस्वरूप, साधारण मल्टीमीटरों की अपेक्षाकृत इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों के आन्तरिक परिपथों का अवांछित (undesired) प्रेरकत्व (inductance; L) एवं स्ट्रे धारिताएँ (stray capacitances; C) कई गुना कम होती है जिससे उच्च आवृत्तियों (100 MHz तक) में भी प्रेरणीय प्रतिबाधा (inductive reactance; $X_L = 2\pi fL$) का मान बहुत ही कम [nano-ohms (nΩ) रेन्ज में] होता है जिससे विभव/धारा मापन में लगभग नगण्य प्रभाव पड़ता है तथा धारितीय प्रतिघात (capacitive reactance ; $X_C = 1/2\pi fC$) का मान अति अधिक (कई सौ MΩ रेन्ज में) होता है जिससे मीटर के आन्तरिक परिपथ में प्रयुक्त घटकों के मध्य एवं घटकों एवं ग्राउण्ड (GND) के मध्य लगभग खुला (open) परिपथ रहता है।

अत: इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की आवृत्ति अनुक्रिया (response), आवृत्ति की बहुत बड़ी सीमा (0 Hz से कई MHz) तक अप्रभावित रहती है जबकि कुछ विशेष इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों द्वारा 100 MHz आवृत्ति तक के सिगनलों का मापन किया जा सकता है। अधिकतर इलेक्ट्रॉनिक यन्त्रों में उच्च निवेशी धारिता (high input capacitance; C) के कारण ही आवृत्ति सीमा प्रवाहित होती है परन्तु इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के इनपुट भाग में सक्रिय युक्तियों (FETs, op-amps, transistors आदि), जिनकी इनपुट निवेशी धारिता अति अधिक कम (pF की fraction range में) होती है, को प्रयुक्त करने के कारण ही ये मल्टीमीटर उच्च आवृत्तियों पर भी परिशुद्धता से प्रचालन कर सकते हैं।

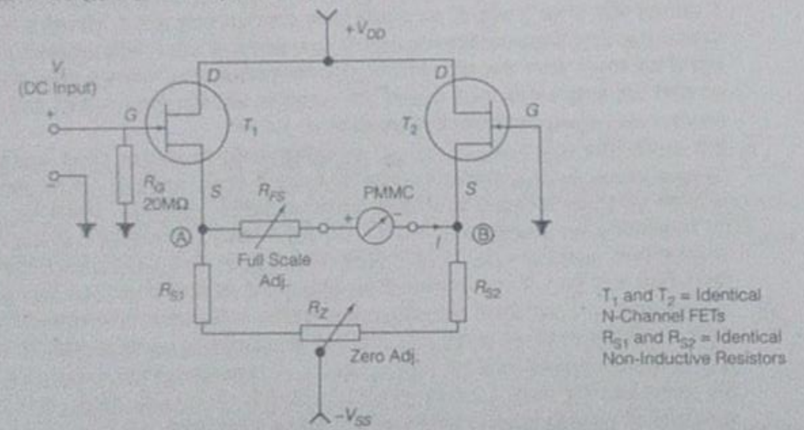
Scanned with CamScanner

4. **प्रतिरोध मापन में कम शक्ति व्यय** Low Power Consumption in the Resistance Measurement साधारण मल्टीमीटरों की अपेक्षाकृत इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में प्रतिरोध मापन के लिए प्रचालन में कम शक्ति व्यय होती है। उदाहरण के लिए—साधारण (परम्परागत) मल्टीमीटर में प्रयुक्त उच्च गुणवत्ता वाले PMMC मीटर, जिसका आन्तरिक प्रतिरोध 2 kΩ तथा फुल-स्केल डिफ्लैक्शन के लिए 50 µA धारा की आवश्यकता होती है। अतः साधारण मल्टीमीटर उच्च प्रतिरोध (माना 100 kΩ) मापने पर, 100 kΩ प्रतिरोध में शक्ति व्यय, $I^2R = (50 \times 10^{-6})^2 \times (100 \times 10^3) = 250\,\mu W = 0.25$ mW होती है। परन्तु 0.25 mW पावर, एक साधारण 1.5 V के सेल (cell) से ग्रहण करना सम्भव नहीं है, अतः साधारण मल्टीमीटर में उच्च प्रतिरोध मापन में 7.5 V से 12 V तक बैटरी प्रयोग की जाती है। इसके विपरीत, इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में मापे जाने वाले उच्च प्रतिरोध (यहाँ 100 kΩ) के एक्रॉस प्रवर्धक प्रयुक्त रहता है, अतः इस मापन में, 100 kΩ में 50 µA से बहुत ही कम (लगभग नगण्य) धारा प्रवाहित करने की आवश्यकता होती है। इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की सभी रेन्जों में, PMMC मीटर, जिसका आन्तरिक प्रतिरोध 2kΩ को फुल-स्केल डिफ्लैक्शन प्रदान करने के लिए केवल 50 µA की आवश्यकता होती है, अतः इन मीटरों में शक्ति व्यय, $I^2R \cong (50 \times 10^{-6})^2 \times (2000) \cong 5\mu$ W ही रहता है। इसके अतिरिक्त अज्ञात उच्च प्रतिरोध द्वारा भी कम पावर ग्रहण करने (nano-Amps; nA) के कारण ही इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की सभी प्रतिरोध मापन रेन्जों के लिए 1.5 V का एक सेल, पावर प्रदान करने के लिए पर्याप्त होता है।

सोर्स-फॉलोअर प्रकार का विभेदी FET प्रवर्धक

Source Follower Type Differential Amplifier i.e., an Other Type of a DC Balance Bridge

सोर्स-फॉलोअर प्रकार के विभेदी FET प्रवर्धक प्रयुक्त DC सन्तुलन ब्रिज (DC balance bridge) के एक आरेख को चित्र 2.9 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें T_1-FET के गेट पर धनात्मक विभव (अज्ञात मान का विभव), V_i प्रयुक्त करने पर, T_1-FET में प्रवाहित धारा के मान में वृद्धि, प्रयुक्त विभव (V_i) के समानुपाती होती है। इसके फलस्वरूप T_1-FET के विभवपात का मान कम हो जाता है, अतः इससे बिन्दु A पर विभव का मान बढ़ जाता है जिससे PMMC मीटर प्रदर्शित दिशा में धारा (A से B की तरफ) प्रवाहित होती है।



चित्र 2.9 Principle of Voltage Measurement by a Source Follower FETs Balance Bridge (DC Balance Bridge)

T_1-FET की श्रेणी में संयोजित प्रतिरोध R_{S_1} के कारण यह परिपथ, एक सोर्स-फॉलोअर की भाँति कार्य करता है। इसके कारण, सोर्स में संयोजित प्रतिरोध, R_{S_1} में विभवपात का पूर्ण भाग, प्रतिरोध R_G के द्वारा T_1-FET के गेट (G) पर ऋणात्मक पुनः निविष्ट (inverse feedback) हो जाता है। इस प्रकार T_1-FET के गेट (G) पर, प्रयुक्त DC इनपुट विभव (V_i) एवं फीडबैक वोल्टेज का परिणामी उत्पन्न होता है। इस प्रकार, मीटर के टर्मिनलों A एवं B के मध्य एक विभवान्तर उत्पन्न होता है जिससे मीटर में धारा प्रवाह बिन्दु A से B की तरफ होता है। चूँकि यह धारा (I) DC इनपुट विभव (V_i) के समानुपाती होती है, अतः मीटर के स्केल को सीधे इनपुट विभव मान में अंशांकित (calibrate) किया जा सकता है।

प्रश्न 14. साधारण मल्टीमीटर की इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर से तुलना कीजिए। (2015)

उत्तर **साधारण मल्टीमीटर की इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर से तुलना**

क्र०सं०	पैरामीटर्स	साधारण मल्टीमीटर	इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर
1.	लघु भार प्रभाव	साधारण मल्टीमीटर द्वारा इलेक्ट्रिकल एवं कुछ इलेक्ट्रॉनिक परिपथों से 50 µA धारा ग्रहण करना लगभग नगण्य प्रभाव रखते है परन्तु यह मल्टीमीटर, कुछ विशेष इलेक्ट्रॉनिक एवं कम्यूनिकेशन परिपथों में अत्यधिक लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करते हैं।	इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों की इनपुट प्रतिबाधा सभी रेंजों में समान तथा अति उच्च (लगभग 10 MΩ से 100 MΩ तक) होती है जिसमे इस प्रकार का मीटर मापे जाने वाले परिपथ से अति कम धारा ग्रहण करता है अर्थात् ये मल्टीमीटर अतिलघु अर्थात् नगण्य लोडिंग प्रभाव उत्पन्न करते हैं।
2.	लघु स्तरीय सिगनलों का मापन	साधारण मल्टीमीटरों में प्रयुक्त PMMC मीटर प्रचालन के लिए पावर, उस परिपथ से ग्रहण करते है जिसकी विभव/धारा मापनी होती है।	इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में प्रयुक्त PMMC मीटर, प्रचालन के लिए पावर/धारा का ग्रहण प्रवर्धकों से करते हैं जोकि मापे जाने वाले सिगनल से बहुत ही कम लगभग नगण्य पावर ग्रहण करके भी उसके समानुपाती आवश्यक पावर/धारा PMMC मीटर को अन्य D.C. शक्ति स्रोत से ग्रहण करके, प्रदान करते हैं।
3.	उच्च आवृत्ति सीमा	साधारण मल्टीमीटरों के आन्तरिक परिपथों का अवांछित प्रेरकत्व एवं स्ट्रे धारिताएँ इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों से कई गुना अधिक होती है।	इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों के आन्तरिक परिपथों का अवांछित प्रेरकत्व एवं स्ट्रे धारिताएँ साधारण मल्टीमीटरों से कई गुना कम होती है।
4.	प्रतिरोध मापन में कम शक्ति व्यय	साधारण मल्टीमीटर उच्च प्रतिरोध (माना 100 kΩ) मापने पर, 100 kΩ प्रतिरोध में शक्ति व्यय, $I^2R = (50 \times 10^{-6})^2 \times (100 \times 10^3) = 25\,\mu W = 0.25$ mW होती है।	इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में मापे जाने वाले उच्च प्रतिरोध (यहाँ 100 kΩ) के एक्रॉस प्रवर्धक प्रयुक्त रहता है, अतः इस मापन में 100 kΩ मे 50 µA से बहुत की कम (लगभग नगण्य) धारा प्रवाहित करने की आवश्यकता होती है। इन मीटरों में शक्ति व्यय $I^2R \cong (50 \times 10^{-6})^2 (2000) \cong 5\,\mu W$ ही रहता है।

प्रश्न 15. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के दोष बताइए।

उत्तर **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के दोष** Disadvantages of Electronic Multimeter एक इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के निम्नलिखित दोष होते हैं, परन्तु ये दोष, इस मीटर के अनेक लाभों की अपेक्षाकृत महत्त्वपूर्ण नहीं है।

(i) इसके द्वारा विभव एवं धारा मापन में भी अलग से पावर सप्लाई की आवश्यकता होती है क्योंकि इस मीटर के परिपथ में प्रयुक्त संक्रिय युक्तियों (FETs, op-amps, transistors इत्यादि) को प्रचालन के लिए बायस प्रदान करना होता है।

(ii) साधारण मल्टीमीटर की अपेक्षाकृत, इनका मूल्य अधिक होता है।

प्रश्न 16. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की क्या विशिष्टताएँ है? (2011)

अथवा **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की विशेषताएँ बताइए।** (2014)

उत्तर **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की विशिष्टताएँ** Specifications of an Electronic Multimeter एक विशेष इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर की प्रमुख विशिष्टताएँ अग्रलिखित है—

DC Voltage	
Ranges	150 mV, 500 mV, 1.5 V, 5 V, 15 V, 50 V, 150 V, 500 V, and 1000 V (9-Ranges) (up to 5 kV with special High Voltage Probe)
Accuracy	± 2% of Full Scale
Input Impedance	20 MΩ
AC Voltage	
Ranges (RMS)	1.5 V, 5 V, 15 V, 50 V, 150 V, 500 V and 700 V
Peak to Peak	4.25 V, 14 V, 42.5 V, 140 V, 420 V and 1960 V
dB	–10 dB to + 5 dB
Accuracy	± 2% of Full Scale Deflection on 15 V to 150 V Ranges ± 3% of Full Scale Deflection on 5 V and Above 150 V Ranges ± 5% of Full Scale Deflection on 1.5 V Range
Input Impedance	1.2 MΩ on 1.5 V Ranges 1.35 MΩ on 5 V to 50 V Ranges 3.0 MΩ on above 150 V Ranges
Frequency Response	± 7% upto 100 MHz with RF Probe (upto 50 V only) ± 2% from 20 Hz to 2 MHz and ± 3.5% from 2 MHz to 5 MHz on 150 V or Lower Ranges
Ohms	
Ranges	10, 100, 1 k, 10 k, 100 k, 1 M, 10 M Ohms-Full Scale
Accuracy	With 2% of Arc.
Power Supply	
AC	Single Phase, 230 V, AC ± 10%, Approx. 0.5 VA, 50-60 Hz
or DC	1.5 V cell
RF Probe	
Voltage Range	50 V RMS maximum
Frequency Range	1 kHz to 100 MHz
Accuracy	Within ± 7%
High Voltage Probe	
Maximum Voltage	50 kV
Accuracy	Within ± 3%
Input Impedance	500 MΩ (Approx)

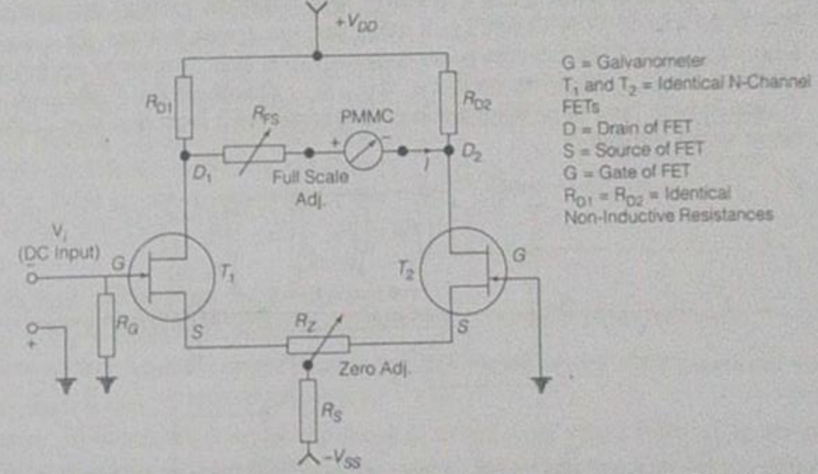
प्रश्न 17. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में मापक युक्ति का प्रचालन सिद्धान्त समझाइए।

उत्तर **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में मापक युक्ति का प्रचालन सिद्धान्त** Operating Principle of Measuring Device in a Electronic Multimeter इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में विभव मापन के लिए प्रयुक्त किये जाने वाले गैल्वेनोमीटर (G)/PMMC मीटर के प्रचालन सिद्धान्त को चित्र 2.10 में प्रदर्शित किया गया है जिसे सामान्यतः **DC सन्तुलन सेतु** (DC balance bridge) कहते हैं। यह परिपथ निम्न प्रकार से प्रक्रिया करता है—

यह परिपथ वास्तव में विभेदी (अन्तरात्मक) प्रवर्धक (differential amplifier) है। इसमें सक्रिय युक्तियाँ FETs प्रयोग की गई हैं जिनकी इनपुट प्रतिबाधा (input impedance) अति उच्च तथा आउटपुट प्रतिबाधा बहुत कम (कुछ kΩ रेन्ज में) होती है जिससे इनका आउटपुट प्रतिरोध, गैल्वेनोमीटर/PMMC मीटर की इनपुट प्रतिबाधा से सरलता से मैच (match) हो जाता है। इस ब्रिज परिपथ का मुख्य लाभ यह है कि कम प्रतिरोध युक्त गैल्वेनोमीटर/PMMC मीटर, मापन किये जाने वाले परिपथ से विलग (isolate) हो जाता है जिससे लोडिंग प्रभाव (loading effect) के कारण, मापन में त्रुटियाँ बहुत ही कम अर्थात् नगण्य (negligible) होती हैं।

चित्र 2.10 में प्रदर्शित इलेक्ट्रॉनिक वोल्टमीटर परिपथ में T_1 एवं T_2 दो FETs परिपथ प्रयुक्त किये गये हैं। परिपथ में ऊष्मीय स्थिरता (thermal stability) प्राप्त करने के लिए यह आवश्यक है कि दोनों FETs परस्पर मैच्ड (matched) अर्थात् समतुल्य होने चाहिए। दोनों FETs एवं दोनों समतुल्य R_{D_1} एवं R_{D_2} प्रतिरोध संयुक्त रूप से एक ब्रिज (bridge) निर्मित करते हैं। गैल्वेनोमीटर (G)/PMMC मीटर एक परिवर्ती प्रतिरोध, R_{FS} के द्वारा, दोनों FETs के

ड्रेन (D) टर्मिनलों के मध्य संयोजित (connect) रहता है। इसमें मापी जाने वाली DC इनपुट विभव को T_1-FET के गेट पर प्रयुक्त करते हैं। इसके 0V इनपुट पर गैल्वेनोमीटर/PMMC मीटर में कोई धारा प्रवाहित नहीं होनी चाहिए अतः इस अवस्था में मीटर के संकेतक (pointer) को 0 पर समंजित (adjust), R_z पाट द्वारा किया जाता है। इसी प्रकार PMMC मीटर के पूर्ण-स्केल विक्षेप (full scale deflection) को R_{FS} पाट द्वारा समयोजित किया जाता है।



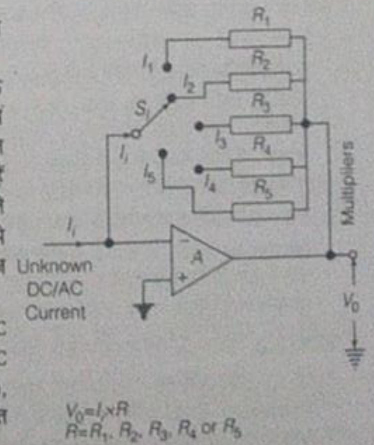
चित्र 2.10 Principle of Voltage Measurement by the FETs Used Differential Amplifier (DC Balance Bridge)

T_1-FET के गेट पर ऋणात्मक वोल्टेज (V_i) प्रयुक्त करने पर, इसके आयाम के समानुपाती, T_1 में प्रवाहित धारा का मान कम होता है जिसके फलस्वरूप, R_{D_1} में विभवपात कम होने के कारण, T_1-FET के ड्रेन D_1 पर पहले से विभव मान अधिक होता है जिसके कारण PMMC में धारा का प्रवाह मीटर में प्रदर्शित दिशा में होता है। DC सन्तुलन ब्रिज को उपयुक्त प्रकार से अभिकल्प (design) करके, PMMC मीटर में प्रवाहित धारा का मान, प्रयुक्त DC इनपुट वोल्टेज (V_i) मान के समानुपाती किया जा सकता है जिससे PMMC मीटर के स्केल को सीधे इनपुट वोल्टेज (V_i) के पदों में अंशांकित (calibrate) किया जा सकता है।

प्रश्न 18. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा DC/AC धारा के मापन को समझाइए।

उत्तर DC धारा के मापन के लिए, DC इनपुट धारा (I_i) के समानुपाती, DC विभव (V_0) प्राप्त किया जाता है। धारा को विभव में परिवर्तित करने वाले एक प्रकार के परिपथ को चित्र 2.11 में प्रदर्शित किया गया है। इस परिपथ में R_1 से R_5 प्रतिरोध प्रदर्शित किये गये हैं अर्थात् इस परिपथ को धारा के पाँच रेन्जों के लिए उपयोग कर सकते है ताकि प्रत्येक रेन्ज की अधिकतम धारा मान प्रयुक्त करने से आउटपुट पर अधिकतम 50 mV (DC balance bridge की न्यूनतम रेन्ज का अधिकतम विभव मान) ही प्राप्त हो।

धारा से विभव परिवर्तक के आउटपुट पर प्राप्त इस DC विभव को DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त करते है, जिसके फलस्वरूप PMMC मीटर के साथ संयोजित संकेतक (pointer) का विक्षेपण (deflection), इनपुट DC धारा के समानुपाती होता है। मीटर के फ्रन्ट-पैनल पर स्थित DC धारा स्केल में, धारा के पाद्यांक को पढ़ लिया जाता है।

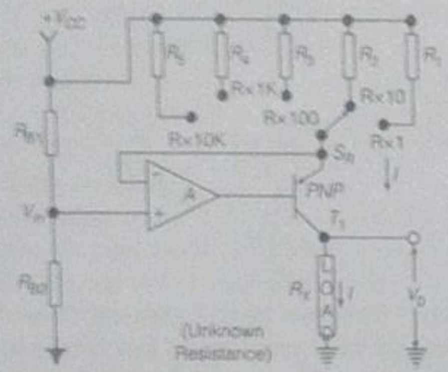


चित्र 2.11

AC धारा मापन के लिए, चित्र 2.11 में प्रदर्शित धारा से विभव परिवर्तित परिपथ द्वारा AC धारा को AC विभव में परिवर्तित कर लिया जाता है। इस AC विभव को किसी एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी, DC विभव में परिवर्तित कर बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है।

प्रश्न 19. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा प्रतिरोध मापन कैसे किया जाता है?

उत्तर **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर** (EMM) **द्वारा प्रतिरोध मापन** इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा अज्ञात प्रतिरोध (R_x) मापन के एक प्रकार के परिपथ को चित्र 2.12 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें स्थिर धारा स्रोत (constant current source; CCS) के रूप में सक्रिय धारा स्रोत (active current source) का उपयोग किया गया है। CCS द्वारा उत्पन्न धारा, I जब अज्ञात प्रतिरोध, R_x के द्वारा पास होती है तो R_x में $V_0 = IR_x$ V का विभव पात होता है जोकि 0 V से 50 mV तक हो सकता है। इस V_0 विभव को DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त करते हैं जिससे मीटर के Ohms स्केल में अज्ञात प्रतिरोध का मान प्राप्त होता है।



$$I = \frac{V_{CC} - V_{in}}{R} \text{ and } V_0 = IR_X$$

$$R = R_1, R_2, R_3, R_4 \text{ or } R_5$$

चित्र 2.12 A Circuit of Constant Current Source (CCS) with 5 Current Ranges

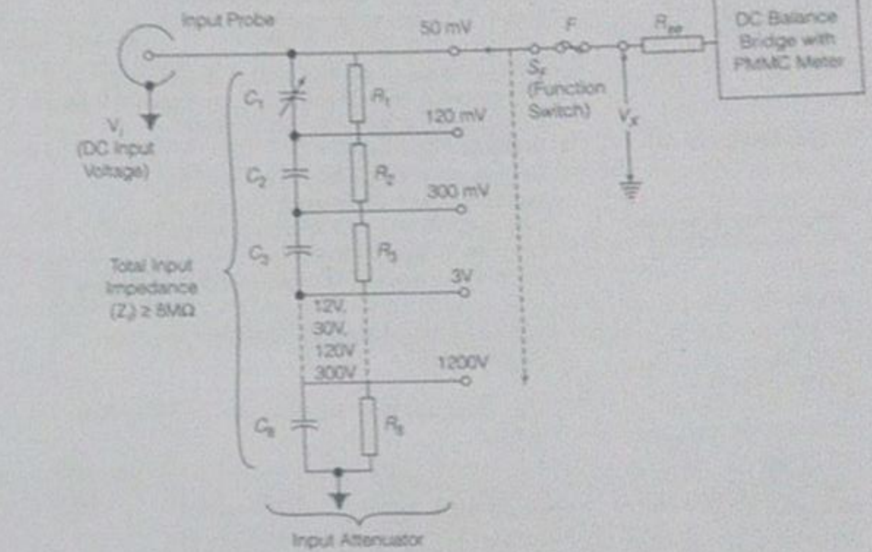
इसमें प्रतिरोध मापन की पाँच रेन्जें ($R \times 1$, $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1k$ तथा $R \times 10k$) प्रदर्शित की गई है। प्रत्येक रेन्ज में संयोजित ज्ञात प्रतिरोध (R_1 or R_2 or R_3 or R_4 or R_5) के मान का चयन इस प्रकार करते हैं कि CCS में उत्पन्न धारा का अधिकतम मान अज्ञात प्रतिरोध R_X के एक्रॉस अधिकतम विभव, $V_0 = I R_X = 50$ mV उत्पन्न हो जिससे इस विभव द्वारा PMMC में पूर्ण विक्षेपण (full deflection) प्राप्त हो सके। चूँकि R_X पर विभवपात (V_0) का मान, R_X प्रतिरोध के मान के समानुपाती प्राप्त होता है, अतः मीटर के स्केल को प्रतिरोध में सीधे अंशांकित किया जाता है।

नोट इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर में प्रतिरोध के स्केल पर बायें से दायें (left to right), प्रतिरोध के पाठ्यांक बढ़ते क्रम (increasing order) में होते हैं जबकि सामान्य मल्टीमीटर के प्रतिरोध स्केल पर पाठ्यांक इसके विपरीत होते हैं। इसका कारण यह है कि इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर, उच्च प्रतिरोध को उच्च वोल्टेज के पदों में रूपान्तरित करता है जबकि एक सामान्य मल्टीमीटर उच्च प्रतिरोध को कम धारा के रूप में पढ़ता है।

प्रश्न 20. इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा DC एवं AC विभव मापन का सिद्धान्त दीजिए।

उत्तर **इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर द्वारा DC विभव मापन** DC Voltage Measurement by an Electronic Multimeter इसके ब्लॉक-आरेख को चित्र 2.13 (a) में प्रदर्शित किया गया है। इसके लिए इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर के फ्रन्ट पैनल पर स्थित फंक्शन स्विच (SF_1 एवं SF_2) को DC वोल्टेज अवस्था पर सेट करते हैं।

चित्र 2.13 (a) के अनुसार इस परिपथ में $V_x = 50$ mV विभव, जोकि DC विभव मापन की सबसे न्यूनतम रेन्ज है, DC सन्तुलन ब्रिज (balance bridge) में संयोजित PMMC मीटर में पूर्ण विक्षेप (full deflection) उत्पन्न करता है। इसकी अन्य उच्च विभव रेन्जें, तनुकारी (attenuator) के द्वारा DC बैलेन्स ब्रिज के साथ संयोजित रहती हैं, जैसा कि चित्र 2.13 (a) में प्रदर्शित किया गया है। कुछ मल्टीमीटरों में, न्यूनतम विभव रेन्ज (mV) को पूर्व प्रवर्धक (preamplifier) के द्वारा DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है जिससे इन रेन्ज के अधिकतम विभव द्वारा PMMC मीटर में आवश्यक पूर्ण विक्षेप प्राप्त हो सके।

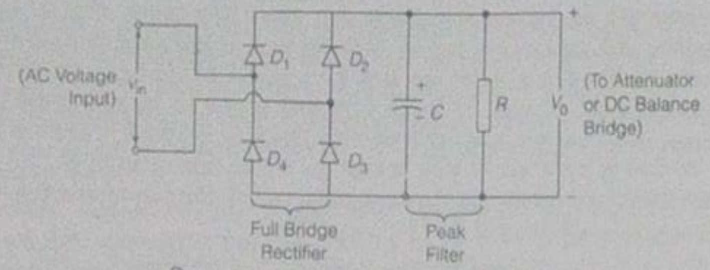


चित्र 2.13 (a) Input Attenuator Circuit of Electronic Multimeter

इस तनुकारी परिपथ में प्रतिरोधी विभव-विभाजक (resistive voltage divider) का प्रयोग किया गया है। माना मीटर की अधिकतम रेन्ज में पूर्ण विभव (यहाँ 1200 V) को इनपुट पर प्रयुक्त किया गया है तो रेन्ज सेलेक्शन स्विच को 1200 V पर सेट करने से DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर, R_8 प्रतिरोध पर विभवपात, 50 mV ही प्राप्त होता है। विभव विभाजक में R_1 से R_8 तक प्रायः वायर वाउन्ड (wire wound) प्रकार के परिशुद्ध प्रतिरोधों (precision resistors) का प्रयोग किया जाता है। चूँकि इन प्रतिरोधों में कुछ न कुछ प्रेरण (inductance; L) अवश्य होता है, अतः यदि इसी तनुकारी परिपथ को AC विभव मापन के लिए प्रयोग करना हो, तो प्रतिरोधों के प्रेरण की क्षतिपूर्ति के लिए प्रत्येक प्रतिरोध के एक्रॉस संधारित्रों (C_1 से C_8 तक) को संयोजित किया जाता है तथा उनमें से कुछ परिवर्तित संधारित्र प्रयोग किये जाते हैं। इनपुट पर वर्गाकार तरंग (square wave) प्रयुक्त कर इन परिवर्तित संधारित्रों को समायोजित (adjust) किया जाता है जिससे तनुकारी के आउटपुट पर संयोजित दोलन-दर्शी (oscilloscope) पर, जहाँ तक हो सके शुद्ध वर्गाकार तरंग प्राप्त हो।

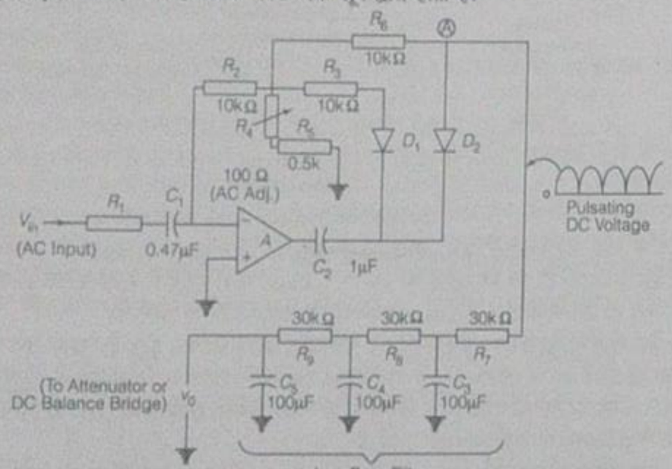
इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर (EMM) द्वारा AC विभव मापन AC Voltage Measurement by An Electronic multimeter इस मीटर के AC परिपथ में प्रयुक्त दिष्टकारी (rectifier), AC विभव को उसके आयाम के समानुपाती DC विभव में परिवर्तित करता है जिसको तनुकारी के द्वारा DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है। अधिकतर इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में साधारण रैक्टीफायर, डायोड पूर्ण तरंग ब्रिज दिष्टकारी (full wave bridge rectifier) प्रयुक्त किये जाते हैं। कुछ मीटरों के इस परिपथ में संधारित्र, C संयोजित रहता है जोकि प्रयुक्त AC विभव के शिखर (peak) विभव मान के बराबर DC विभव प्रदान करता है। इस प्रकार के एक परिपथ को चित्र 2.13 (b) में प्रदर्शित किया गया है।

Scanned with CamScanner



चित्र 2.13 (b) A Simple Full Wave Bridge Rectifier

कुछ उच्च गुणवत्ता वाले इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटरों में परिशुद्ध पूर्णतरंग सक्रिय दिष्टकारी (precision full wave active rectifier) का प्रयोग किया जाता है, जिसके एक प्रकार के परिपथ को चित्र 2.13 (c) में प्रदर्शित किया गया है। एक सामान्य PN जंक्शन डायोड, निम्न आयाम विभव पर अरेखीय (non-linear) होता है। सिलिकॉन डायोड को लगभग 0.6 से 0.7 V के ऊपर तथा जरमेनियम डायोड को लगभग 0.2 से 0.3 V के ऊपर फारवर्ड वायस प्राप्त होने पर ही वे रेखीय अभिलक्षण प्रदान करते हैं। इसमें अरेखीय अभिलक्षण की समस्या का समाधान, ऑपरेशनल प्रवर्धक (operational amplifier, Op-Amp.) तथा इसके ऋणात्मक फीड-बैक लूप द्वारा होता है।



चित्र 2.13 (c) RMS Averaging Active Rectifier

चित्र 2.13 (c) में A बिन्दु पर प्राप्त स्पंदीय (pulsating) DC विभव को रेखीय (smooth) DC विभव में परिवर्तित करने के लिए लो-पास फिल्टर (low pass filter) का प्रयोग किया जाता है। फिल्टर के आउटपुट पर प्राप्त DC विभव को DC बैलेन्स ब्रिज के इनपुट पर प्रयुक्त करते हैं।

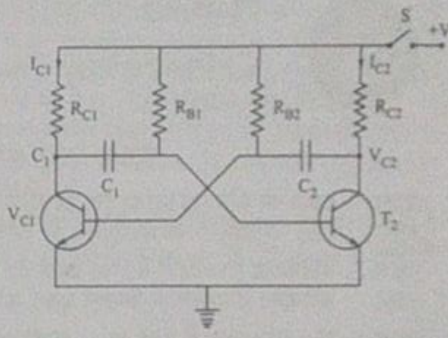
सामान्यत: मल्टीमीटर के AC विभव स्केल को ज्यावक्रीय (sinusoidal) इनपुट वोल्टेज के RMS मान को प्रदर्शित करने के लिए ही अंशांकित (calibrate) किया जाता है। यदि इनपुट ज्यावक्रीय नहीं है तो मापे जाने वाले सिगनल का वास्तविक मान ज्ञात करने के लिए "करैक्शन फैक्टर" प्रयुक्त किया जाता है जो मीटर के निर्माता, मीटर की प्रचालन पुस्तिका (operating manual) में देते हैं।

इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर, सामान्यत: लगभग 50 MHz आवृत्ति तक उचित प्रकार से प्रचालन कर सकते हैं तथा उपयुक्त प्रोब, प्रयुक्त कर लगभग 100 MHz आवृत्ति तक के AC वोल्टेज का मापन किया जा सकता है।

प्रश्न 21. अस्थिर मल्टीवाइब्रेटर पर टिप्पणी लिखिए। (2017)

उत्तर अस्थिर मल्टीवाइब्रेटर Astable Multivibrator अस्थिर मल्टीवाइब्रेटर की दोनों अवस्थाएँ अस्थायी होती हैं तथा यह अपनी दोनों अस्थायी अवस्थाओं के बीच बिना किसी बाहरी ट्रिगर पल्स दिए ही वाइब्रेट करता है।

एक समभित बाईस्टेबल मल्टीवाइब्रेटर (symmetrical bistable multivibrator) वह होता है जिसकी ON अवस्था तथा OFF अवस्था समान समय की होती है। जैसा कि चित्र 2.14 में दिखाया गया है, दो ट्रांजिस्टर एक-दूसरे से युग्मित किये गये हैं। C_1 तथा C_2 युग्मन संधारित्र (Coupling capacitors) हैं। ट्रांजिस्टर की बेस को संतृप्त क्षेत्र में ले जाने के लिये, बेस धारा उपलब्ध कराने का प्रतिरोध R_{B1} तथा R_{B2} करते हैं। R_{C1} तथा R_{C2} कलक्टर लोड हैं।



चित्र 2.14

प्रचालन

(i) जब स्विच S को ऑन किया जाता है तो ट्रांजिस्टर T_1 तथा T_2 में कलेक्टर धारा प्रचालित होने लगती है किन्तु इन दोनों धाराओं में असन्तुलन के कारण रीजेनरेटिव धनात्मक फीडबैक प्रक्रिया (regenerative positive feedback action) हो जाती है, (चित्र 2.14)।

माना T_1 की कलेक्टर धारा में जरा-सी वृद्धि हो जाती है। यह वृद्धि T_1 की कलेक्टर वोल्टेज V_{C1} को कम कर देगी तथा T_1 की कलेक्टर T_2 के बेस से युग्मित होने के कारण, T_2 कलेक्टर धारा को कम कर देगी व T_2 की कलेक्टर वोल्टेज V_{C2} को बढ़ा देगी।

T_2 के कलेक्टर के T_1 की बेस से युग्मित होने के कारण, T_1 की कलेक्टर धारा और अधिक बढ़ती जाएगी। अत: रीजेनरेटिव क्रिया के कारण, T_1 संतृप्त क्षेत्र में तथा T_2 कट ऑफ क्षेत्र में आ जायेगा।

अत: T_1 के कलेक्टर पर वोल्टेज, $V_{C1} = V_{CE\,sat} = 0.2$ volt

तथा T_2 के कलेक्टर पर वोल्टेज, $V_{C2} = V_{CC} - I_{C2}R_C$

$= V_{CC}$ ($I_C = 0$ कट ऑफ ट्रांजिस्टर के लिये)

(ii) V_{C1} के 0.2 V (अर्थात् लगभग शून्य) होने के कारण V_{CC} द्वारा संधारित्र C_1 का आवेशन R_{B1} के माध्यम से होने लगता है जिससे संधारित्र पर वोल्टेज बढ़ने लगती है। संधारित्र C_1 का एक सिरा T_2 की बेस से जुड़ा है, अत: T_2 की बेस वोल्टेज भी बढ़ने लगती है। T_2 कट ऑफ से बाहर आने लगता है तथा I_{C2} का मान बढ़ने लगता है। इससे V_{C2} में कमी आती है तथा युग्मन के कारण यह कमी, T_1 के बेस को ट्रांसफर हो जाती है; अत: कलेक्टर धारा I_{C1} कम होती जाती है व V_{C1} बढ़ता जाता है। युग्मन के कारण यह V_{C2} तथा I_{C2} को और बढ़ा देता है। उपरोक्त से स्पष्ट है कि फिर से रीजेनरेटिव प्रक्रिया होती है तथा अन्तत: I_{C2} का मान बढ़ता जाता है तथा वह संतृप्त क्षेत्र में आ जाता है। I_{C1} का मान घटता जाता है तथा वह कट ऑफ क्षेत्र में आ जाता है।

अत: अब $V_{C1} = V_{CC}$ volt तथा $V_{C2} = 0.2$ volt

(iii) V_{C2} के 0.2 वोल्ट होने के कारण, अब C_2 का आवेशन होता है (V_{CC} द्वारा तथा R_{B2} माध्यम से) तथा फिर से रीजेनरेटिव प्रक्रिया होती है।

अत: उक्त विश्लेषण से पता चलता है कि परिपथ में रीजेनरेटिव प्रक्रिया चलती रहेगी तथा दोनों ट्रांजिस्टर बारी-बारी से संतृप्त क्षेत्र व कट ऑफ क्षेत्र में जाते रहेंगे। किसी भी ट्रांजिस्टर के कलेक्टर टर्मिनल पर प्राप्त आउटपुट एक वर्गाकार तरंग होती है जिसकी आवृत्ति बेस प्रतिरोध तथा संधारित्र पर निर्भर करेगी।

Scanned with CamScanner

3 कैथोड-रे ऑसिलोस्कोप
Cathode-ray Oscilloscope

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. CRO का कौन-सा हिस्सा ट्रेस की तीव्रता को नियन्त्रित करता है?
उत्तर CRO का इंटेसिटी का हिस्सा ट्रेस की तीव्रता को नियन्त्रित करता है।

प्रश्न 2. ब्रॉडकास्ट ट्रांसमीटरों में किस प्रकार का ऑसीलेटर प्रयोग किया जाता है?
उत्तर ब्रॉडकास्ट ट्रांसमीटरों में क्रिस्टल प्रकार का ऑसीलेटर प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 3. सी॰आर॰ओ॰ में 240 V_{rms} मुख्य ए॰सी॰ वोल्टेज की उच्चतम वोल्टेज क्या है?
उत्तर सी॰आर॰ओ॰ में 240 V_{rms} मुख्य ए॰सी॰ वोल्टेज की उच्चतम वोल्टेज 339 वोल्ट होती है।

प्रश्न 4. सी॰आर॰ओ॰ में किसी भी वेवफॉर्म का ऊर्ध्वाधर आयाम क्या इंगित करता है?
उत्तर सी॰आर॰ओ॰ में किसी भी वेवफॉर्म का ऊर्ध्वाधर आयाम तात्कालिक मान को इंगित करता है।

प्रश्न 5. एक्टिव प्रोब्स से आप क्या समझते हैं?
उत्तर एक्टिव प्रोब्स में इलेक्ट्रॉनिक परिपथ होते हैं जो इनपुट इम्पीडैंस बढ़ाते हैं जिससे लोडिंग प्रभाव कम को जाता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

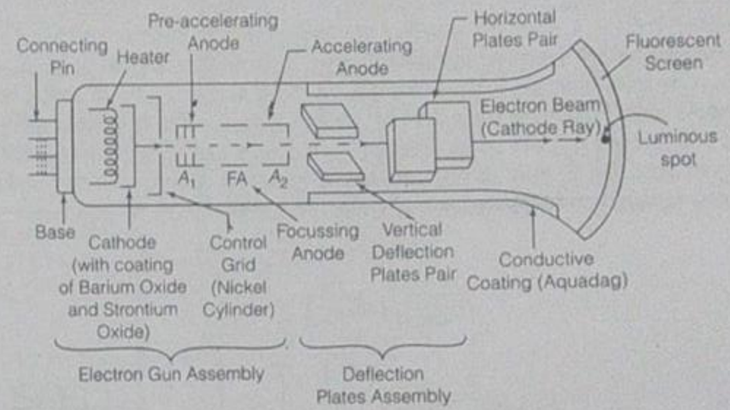
प्रश्न 1. CRT की संरचना समझाइए। इसमें electron gun, electrostatic focussing, deflection sensitivity, screen phosphor की व्याख्या कीजिए।
अथवा **CRT की रचना बनाइए तथा CRT की स्क्रीन फॉस्फर का कार्य समझाइए। सामान्यतः कौन-से फॉस्फर प्रयुक्त होते हैं?**
अथवा **CRT के मुख्य घटकों को समझाइए।** (2011)
अथवा **CRO/CRT में संकेतों का इलेक्ट्रोस्टेटिक फोकसिंग व त्वरण कैसे किया जाता है? विस्तार से समझाइए।** (2016)
अथवा **CRT को संरचना सहित समझाइए।** (2017)

उत्तर **कैथोड-रे ट्यूब** Cathode-ray Tube; CRT कैथोड किरण नलिका, CRO का एक प्रमुख अति महत्वपूर्ण भाग होने के कारण ही इसे CRO का "**हृदय** (Heart)" कहते हैं। CRT की संरचना को चित्र 3.1 में प्रदर्शित किया गया है। एक CRT की संरचना में मुख्य भाग निम्नलिखित हैं—

(i) बेस तथा ग्लास वरण (Base and Glass Envelope)
(ii) इलेक्ट्रॉन गन (Electron Gun)
(iii) विक्षेपण प्लेटें (Deflection Plates)
(iv) प्रतिदीप्तशील पर्दा (Fluorescent Screen)

CRT के विभिन्न भागों की कार्य प्रणाली निम्न प्रकार है—
इलेक्ट्रॉन गन, ग्लास एनवेलप के मध्य में एवं CRT के क्षैतिज अक्ष (horizontal axis), के समानान्तर एक शार्प इलेक्ट्रॉन पुंज (sharp electron beam), जिसे "**कैथोड किरण**" भी कहते हैं, उत्पन्न करती है। यह बीम एक्सलरेटिंग एनोड (accelerating anodes) एवं फोकसिंग एनोड (focussing anode) द्वारा उच्च वेग पर त्वरित (accelerate) तथा फोकस होती है।

इसके पश्चात् उच्च वेग एवं ऊर्जा युक्त इलेक्ट्रॉन बीम, इलेक्ट्रोस्टैटिक विक्षेपण प्लेटों (electrostatic deflection plates) के दो जोड़ों (ऊर्ध्वाधर प्लेट पेयर एवं क्षैतिज प्लेट पेयर) के मध्य गुजरती है। क्षैतिज प्लेट पेयर पर प्रयुक्त विभव, बीम को क्षैतिज दिशा में विक्षेपण प्रदान करती है तथा ऊर्ध्वाधर प्लेट पेयर पर प्रयुक्त विभव बीम को ऊर्ध्वाधर दिशा (ऊपर एवं नीचे की तरफ) में विक्षेपण प्रदान करती है। बीम को इन दोनों दिशाओं में वांछित विक्षेपण (horizontal and vertical deflection), जोकि उनकी प्लेटों के मध्य प्रयुक्त विभवों के आयाम के समानुपाती होता है, प्रदान कर सकने के कारण, बीम को स्क्रीन के किसी भाग में स्थिर किया जा सकता है।
जब उच्च वेग एवं ऊर्जा युक्त यह इलेक्ट्रॉन बीम फ्लोरीसैन्ट स्क्रीन के जिस बिन्दु पर टकराती है, वहाँ एक चमकदार बिन्दु (luminous spot) उत्पन्न होता है।



चित्र 3.1 Structure of a Cathode Ray Tube (CRT)

CRT के सभी भाग (electrodes), एक निर्वात् ग्लास वरण (vacuum glass envelope) में अपने-अपने निश्चित स्थान पर स्थिर एवं बन्द रहते हैं। इन इलेक्ट्रोडों का संयोजन (connections) ट्यूब से बाहर की तरफ, उपयुक्त बेस पर स्थित पिनों से रहता है। इन पिनों द्वारा ही CRT को परिपथ में संयोजित किया जाता है।

CRT के बेस तथा ग्लास वरण बेस प्रायः ठोस बेकेलाइट पदार्थ का बना होता है जिसके एक तरफ शून्यीकृत ग्लास वरण होता है। इसके अन्दर की तरफ CRT के विभिन्न मान अपने स्थान पर स्थित होते हैं, जिन्हें ग्लास वरण यान्त्रिक शक्ति प्रदान करता है। बेस के दूसरी तरफ संयोजक पिनें बाहर निकली रहती हैं जो CRT को विभिन्न भागों में उचित एवं आवश्यक विद्युत सम्बन्ध बनाने के काम आती हैं।

CRT में इलेक्ट्रॉन गन का कार्य Working of Electron Gun in CRT इलेक्ट्रॉन गन का कार्य, एक शार्प एवं फोकस युक्त त्वरित किरण पुंज (sharp and focussed accelerated ray beam) उत्पन्न करना तथा उसकी तीव्रता (intensity) को नियंत्रित (control) करना है। इलेक्ट्रॉन गन के मुख्य भाग इस प्रकार है—हीटर, अप्रत्यक्ष तापीय कैथोड (indirectly heated cathode), नियन्त्रण ग्रिड (control grid), दो एक्सलरेटिंग एनोड (pre-accelerating anode एवं final accelerating anode), फोकसिंग एनोड (focussing anode)।

ट्यूब के अन्दर इलेक्ट्रॉनों (electrons) का उत्सर्जन, अप्रत्यक्ष रूप से ऊष्मित कैथोड से होता है। कैथोड का आकार, एक बेलनाकार (cylinderical) की भाँति होता है जिसकी ऊपर वाली सतह के एक भाग पर बेरियम ऑक्साइड (barium oxide) एवं स्ट्रोन्शियम ऑक्साइड (strontium oxide) की एक पर्त लेपित (coated) रहती है। इसके फलस्वरूप सामान्य ताप पर भी, कैथोड से इलेक्ट्रॉन उच्च दर (high rate of electrons) पर उत्सर्जित होते हैं। कैथोड को ऊष्मा प्रदान करने के लिए, हीटर (heater) को सामान्यतः लगभग 6 V पर 500 mA धारा की आवश्यकता होती है परन्तु कुछ उच्च दक्षता युक्त CRTs में हीटर, लगभग 6 V पर 200 mA धारा ही ग्रहण करते हैं। कैथोड से उत्सर्जित ये इलेक्ट्रॉन, कन्ट्रोल ग्रिड में बने एक छिद्र से गुजरते हैं। सामान्यतः निकिल (Nickel) सिलिण्डर से निर्मित कन्ट्रोल ग्रिड पर कैथोड

Scanned with CamScanner

की अपेक्षाकृत ऋणात्मक आवेश प्रदान किया जाता है। इसके फलस्वरूप, उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों पर प्रतिकर्षित बल (repel force) लगने के कारण इलेक्ट्रॉन, ट्यूब के अक्ष की ओर संकेन्द्रित रहते हैं। चूँकि इलेक्ट्रॉन बीम की तीव्रता (intensity of electron beam), कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों की संख्या पर निर्भर करती है तथा ग्रिड पर ऋणात्मक विभव आयाम द्वारा कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों (emitted electrons) की संख्या नियन्त्रित होती है, अत: ग्रिड पर स्थित negative charge, बीम की तीव्रता को नियन्त्रित करता है, जिससे स्क्रीन पर चमकने वाले बिन्दु luminous spot की तीव्रता नियन्त्रित होती है।

कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनों को उच्च धनात्मक विभव युक्त प्रि-त्वरक (A_1) एवं त्वरक एनोड (A_2) (pre-accelerating and accelerating anodes), जोकि नलिका (cylinder) के रूप मे होते हैं, आकर्षित करते हैं तथा उनमें त्वरण (acceleration) उत्पन्न करते हैं। प्रि-एक्सलरेटिंग एनोड एवं एक्सलरेटिंग एनोड के मध्य एक फोकसिंग एनोड (FA) होता है जिस पर धनात्मक विभव आयाम का मान एक्सलरेटिंग एनोडों (A_1 एवं A_2) की अपेक्षाकृत कम लगभग 400 V – 500 V के मध्य होता है। इसके अतिरिक्त फोकसिंग एनोड वोल्टेज को CRO को फ्रन्ट पैनल पर स्थित "focus controlling terminal" द्वारा कन्ट्रोल करके इलेक्ट्रॉन बीम को फोकस किया जा सकता है।

यदि बिना फोकसिंग के बीम को स्क्रीन पर जाने दिया जाए तो स्क्रीन पर उत्पन्न होने वाला चमकदार बिन्दु फैलाव लिये होगा। इसके फलस्वरूप CRO को प्रयुक्त इनपुट सिगनल की स्क्रीन पर आकृति फैलाव युक्त एवं खराब सी प्रदर्शित होगी। इलेक्ट्रॉन बीम की फोकसिंग निम्न दो प्रकार से की जा सकती है—

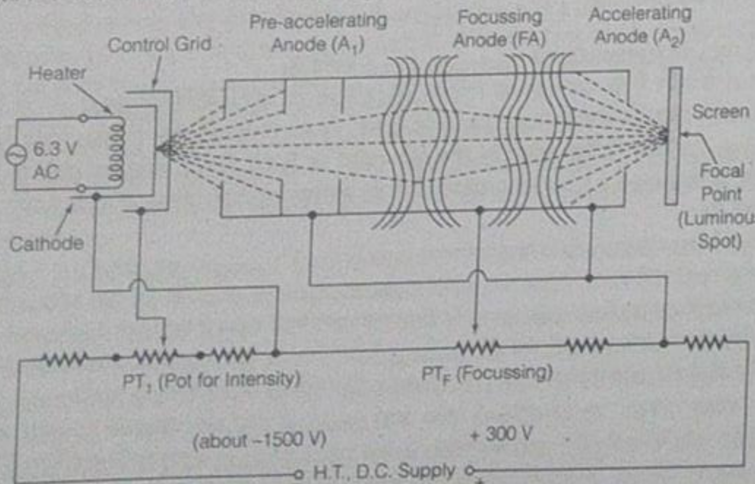
(i) स्थिर विद्युत फोकसिंग (Electrostatic Focussing)

(ii) विद्युत चुम्बकीय फोकसिंग (Electromagnetic Focussing)

इसका उपयोग निम्न (low) Freq. यन्त्रों, जैसे TV-50 Hz ऊर्ध्वाधर एवं 13.125 kHz क्षैतिज तथा Medical CRO-10 Hz से 1000 Hz के लिए किया जाता है।

परन्तु सामान्यत: CRO में इलेक्ट्रोस्टैटिक फोकसिंग का ही उपयोग किया जाता है।

CRT में स्थिर विद्युत फोकसिंग Electrostatic Focussing in a CRT कैथोड से अप्रत्यक्ष ऊष्मा द्वारा उत्सर्जित तथा कन्ट्रोल ग्रिड के छिद्र से गुजरने वाली इलेक्ट्रॉन बीम जब प्री-एक्सलरेटिंग एनोड (A_1), फोकसिंग एनोड (FA) एवं एक्सलरेटिंग इलेक्ट्रोड (A_2) के मध्य में गुजरती है तो उसकी फोकसिंग, फोकसिंग एनोड पर परिवर्तित धनात्मक DC विभव (लगभग 400 V से 500 V तक परिवर्तित विभव) प्रयुक्त करके की जाती है। इलेक्ट्रोस्टैटिक फोकसिंग प्रणाली को सरल आरेख द्वारा चित्र 3.2 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें केवल एक एनोड (FA) को फोकसिंग एनोड कहते हैं। परन्तु वास्तव में फोकसिंग प्रक्रिया में तीनों एनोड (A_1, FA एवं A_2) संयुक्त रूप से सम्मिलित रहते हैं।



चित्र **3.2** Electrostatic Focussing and Acceleration of the Electron Beam in the Electron Gun of a CRT

बीम फोकसिंग प्रक्रिया इलेक्ट्रॉन अवतल लेंसों (electron concave lens) द्वारा होती है जोकि प्री-एक्सलरेटिंग एनोड (A_1) एवं फोकसिंग एनोड (FA) के मध्य तथा FA एवं A_1, के मध्य निर्मित होते हैं। इन इलेक्ट्रॉनिक लेंसों के निर्मित होने के कारण, फोकसिंग एनोड (FA) एवं एक्सलरेटिंग एनोड (A_1 या A_2) के मध्य विभवान्तर (potential difference) होता है जोकि फोकसिंग एनोड के दोनों किनारों पर असमान विद्युत क्षेत्र उत्पन्न करता है। अत: इस प्रकार, दोनों एक्सलरेटिंग एनोड एवं फोकसिंग एनोड मिलकर, डबल अवतल लेंस (double concave lens) का निर्माण करते हैं जोकि इलेक्ट्रॉन बीम पर अपवर्तन (refraction) का प्रभाव रखते हैं। इन लेंसों के अपवर्तनांक (focal length) को बदलने के लिए फोकसिंग एनोड (FA) पर प्रयुक्त विभव मान को एक पाट (PT_F) द्वारा परिवर्तित करते हैं।

दो असमान विद्युतीय आवेश युक्त समकेन्द्रीय बेलनों की मध्य समविभवी सतहों एवं विद्युत क्षेत्र रेखाओं की स्थिति को चित्र 3.3 (a) में तथा एक समविभवी सतह पर एक इलेक्ट्रॉन पुंज की अपवर्तन (refraction) एवं त्वरण (acceleration) प्रक्रियाओं को आरेख द्वारा चित्र 3.3 (b) में प्रदर्शित किया गया है।

दोनों एनोडों पर विभवान्तर होने के कारण, चित्र 3.3 (c) में प्रदर्शित आरेख के अनुसार एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होता है जिसकी तीव्रता (intensity, ε) के समानुपाती ही इलेक्ट्रॉन बीम के इलेक्ट्रॉनों (electrons) पर बल (force; F) लगता है जिसको निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$\varepsilon = \frac{F}{Q} \quad \ldots(i)$$

अत: $F = \varepsilon Q = e\varepsilon$ Newtons (NW_s) ...(ii)

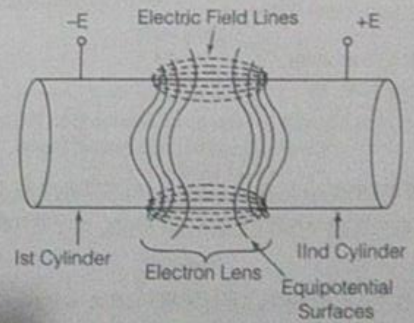
जहाँ ε = विद्युत क्षेत्र की तीव्रता Volts/Metre में

F = विद्युत बल, Newtons (NW_s) में

Q = आवेश, Coulombs में (जिस पर बल लगता है)

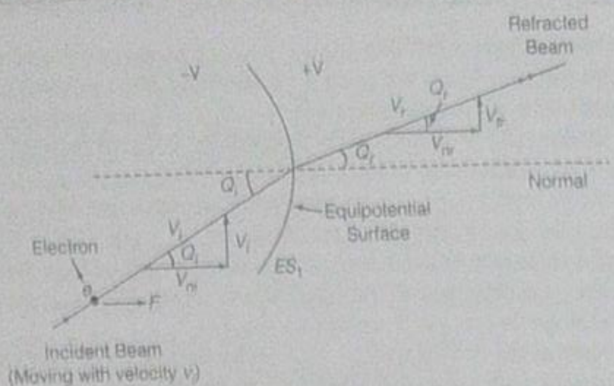
e = इलेक्ट्रॉन का आवेश $\equiv 1.6 \times 10^{-19}$ Coulombs में

चूँकि एक्सलरेटिंग एनोड (A_1 एवं A_2) तथा फोकसिंग एनोड (FA) सिलिण्डरों के मध्य उत्पन्न विद्युत क्षेत्र एक-समान (uniform) नहीं होता है, अत: इसमें समविभव रेखाएँ (equipotential lines) खींची जायें तो दोनों एनोडों के केन्द्र पर उभरी हुई (bulging) प्रकार की आकृति बनती है। इससे दोनों एनोडों के ठीक मध्य (अर्थात् अक्ष पर) से गुजरने वाले इलेक्ट्रॉनों पर कोई बल कार्य नहीं करता है परन्तु अन्य इलेक्ट्रॉनों पर बल कार्य करता है जिसके फलस्वरूप ये अपने पथ से विक्षेपित (deflect) होकर ट्यूब के अक्ष की ओर झुक जाते हैं। इस प्रक्रिया को आरेख द्वारा चित्र 3.3 (b) में प्रदर्शित किया गया है। इसके अनुसार, जब एक इलेक्ट्रॉन (e) समविभव सतह (equipotential surface), ES_1, की तरफ, सतह के अभिलम्ब (normal) से θ_i बनाता हुआ, V_i गति से आता है तो इस इलेक्ट्रॉन (e) पर, सतह के अभिलम्ब (अर्थात् ट्यूब के अक्ष) की दिशा में बल कार्य करता है, जिससे इलेक्ट्रॉन अक्ष की ओर झुक जाता है। इसके अतिरिक्त, ES_1 सतह की दूसरी ओर धनात्मक विभव (+v) विद्यमान होने के कारण, इलेक्ट्रॉन (e) पर आकर्षण बल कार्य करता है जिसके फलस्वरूप इलेक्ट्रॉन का वेग बढ़कर, V_r हो जाता है।



(a) Positions of Equipotential Surfaces and Electric Field Lines between Two Electrically Charged Co-axial Cylinders

Scanned with CamScanner



(b) Refraction and Acceleration of an Electron Beam at an Equipotential Surfaces

चित्र 3.3 An Illustration of the Principle of Electrostatic Focussing and Acceleration of Electron Beam

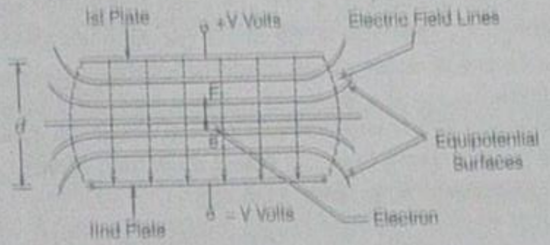
चूँकि समविभव रेखा (ES_1) के अनुदिश (along the equipotential line) विभव समान रहता है, अतः इस दिशा में V_i एवं V_r के टेन्जिएन्ट घटक (tangential component) क्रमशः V_{ti} एवं V_{tr} समान (अर्थात् $V_{ti} = V_{tr}$) रहते हैं। परन्तु V_i के दूसरे लम्बवत् घटक (normal component), V_{ni} वेग में वृद्धि होकर V_{nr} (अर्थात् $V_{nr} > V_{ni}$) हो जाता है।

चित्र 3.3 (b) के अनुसार,

$$V_{ti} = V_{tr}$$

अतः $$V_i \sin\theta_i = V_r \sin\theta_r \qquad ...(iii)$$

अर्थात् $$\frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r} = \frac{V_r}{V_i} \qquad ...(iv)$$



where:
e : इलेक्ट्रॉन पर आवेश
F : इलेक्ट्रॉन पर बल

चित्र 3.3 (c) The Direction of Force on an Electron in an Electric Field between Two Electrically Charged Parallel Plates

यह समीकरण (iv), प्रकाश के अपवर्तन (refraction of light) की समीकरण के समान है जो प्रकाश किरण के विभिन्न अपवर्तनांकों के क्षेत्र में से गुजरने से सम्बन्धित है। अतः इस प्रकार, CRT में समविभव रेखाएँ, इलेक्ट्रॉनिक लेन्स की भाँति व्यवहार करती हैं।

कैथोड से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन बीम, प्रथम अवतल इलेक्ट्रॉन लेन्स (first concave electron lens) से गुजरने पर, CRT की अक्ष की ओर संरेखीय (align) होने का प्रयत्न करती है तथा द्वितीय अवतल इलेक्ट्रॉन लेन्स से गुजरने के पश्चात् स्क्रीन

पर फोकस हो जाती है। इस प्रकार के इलेक्ट्रॉन लेन्स की फोकस दूरी (focal length), दो सिलिण्डरों (एनोडों) के मध्य विभवान्तर को परिवर्तित कर बदली जा सकती है जिसके फलस्वरूप, CRT में इलेक्ट्रॉन बीम को ठीक प्रकार से फोकस किया जा सकता है जिससे स्क्रीन पर एक छोटा एवं चमकीला बिन्दु (sharp and bright spot) प्राप्त किया जाता है।

विक्षेपण सुग्राहिता Deflection Sensitivity किसी CRT की डिफ्लैक्शन प्लेटों के एक पेयर के मध्य विद्यमान विभवान्तर (V_d) में इकाई विभव (1 volt) की वृद्धि करने पर, स्क्रीन पर चमकने वाले बिन्दु (bright spot) में जितना डिफ्लैक्शन (D) उत्पन्न होता है उसे उस CRT की **विक्षेपण सुग्राहिता** कहते हैं। अतः

$$\text{Deflection Sensitivity } (S) = \frac{\text{Deflection of Beam on Screen}}{\text{Change in Deflection Voltage}}$$

अतः $$S = \frac{D}{V_d} \qquad ...(v)$$

जहाँ $D = \frac{LlV_d}{2dV_a}$, D का मान रखने पर

$$S = \frac{Ll}{2dV_a} \text{ metre/volt} \qquad ...(vi)$$

या $$S = \frac{K}{V_a} \qquad ...(vii)$$

जहाँ $K = Ll/2d$ = ट्यूब स्थिरांक (tube constant)

अतः एक CRT की विक्षेपण सुग्राहिता का मान (S) निम्न बातों पर निर्भर करता है—

(i) डिफ्लैक्शन प्लेटों के मध्य दूरी (spacing, d) के विलोमानुपाती होता है।
(ii) डिफ्लैक्शन प्लेटों की प्रभावी लम्बाई (l) के समानुपाती होता है।
(iii) डिफ्लैक्शन प्लेटों के मध्य के केन्द्र से स्क्रीन की दूरी (L) के भी समानुपाती होता है।
(iv) एक्सलरेटिंग विभव (voltage at final accelerating anode, A_3), V_a के विलोमानुपाती होता है।
(v) CRT की विक्षेपण सुग्राहिता (S), डिफ्लैक्शन विभव (V_d) पर निर्भर नहीं करती है।

CRT के स्पेसिफिकेशन में एक अन्य फैक्टर (G) का प्रयोग किया जाता है जोकि डिफ्लैक्शन सेन्सिटिविटी का विलोम होता है, अतः

$$G = \frac{1}{S} = \frac{2dV_a}{Ll} \text{ Volts/metre} \qquad ...(viii)$$

तथा इसे (G को) **डिफ्लैक्शन फैक्टर** (deflection factor) कहते हैं।

समीकरण (vi) से स्पष्ट है कि एक CRT की विक्षेपण सुग्राहिता (S) का मान एक्सलरेटिंग विभव (V_a) के साथ, रेखीय रूप से (linearly) परिवर्तित होता है परन्तु डिफ्लैक्शन विभव (V_d) पर निर्भर नहीं होता है। अतः उच्च एक्सलरेटिंग वोल्टेज (high V_a) **द्वारा निर्मित इलेक्ट्रॉन बीम को स्क्रीन के किसी विशेष बिन्दु पर लाने के लिए उच्च डिफ्लैक्शन वोल्टेज** (high V_d) **की आवश्यकता होती है।** इसलिए इस प्रकार उत्पन्न बीम को कठोर पुंज (hard beam) कहते हैं।

CRT की डिफ्लैक्शन सेन्सिटिविटी के मान सामान्यतः 0.1 mm/V से 1.2 mm/V तक होते हैं।

CRT की फॉस्फर स्क्रीन Phosphor Screen of Cathode-ray-Tube CRT के पर्दे पर अन्दर की तरफ एक प्रतिदीप्तशील पदार्थ (fluorescent material) इसके जिस स्थान पर प्रकाश पड़ता है वह भाग चमकने लगता है) जैसे कि फॉस्फर अथवा जिंक सल्फाइड आदि का लेप (coating) किया होता है। इस प्रकार चमकने वाले पदार्थों को फॉस्फर (phosphor) कहते हैं। त्वरित इलेक्ट्रॉन (accelerated electrons), फॉस्फर स्क्रीन के किसी बिन्दु पर टकराता है तो उस स्थान पर उपस्थित फॉस्फर, उस इलेक्ट्रॉन की गतिज ऊर्जा (kinetic energy) का अवशोषण (absorb) करता है तथा इस अवशोषित ऊर्जा के समानुपाती ऊर्जा युक्त निम्न आवृत्ति (low frequency) का दृश्य स्पेक्ट्रम (visual spectrum) उत्सर्जित करता है। फॉस्फर पर रेडिएशन पड़ने पर, उसके द्वारा प्रकाश उत्सर्जित करने वाले गुण को "फ्लोरीसैन्स (flourescence)" कहते हैं। कुछ फ्लोरीसैन्ट पदार्थ ऐसे भी होते हैं, जिन पर पड़ने वाला रेडिएशन बन्द होने पर भी वे

कुछ समय तक प्रकाश उत्सर्जित करते रहते हैं। ऐसे पदार्थों के गुण के "फॉस्फोरीसैन्स (phosphorescence)" कहते हैं। CRT में प्रायः फॉस्फोरीसैन्स प्रकार के पदार्थों का ही उपयोग किया जाता है।

रेडियेशन बन्द होने के जितने समय बाद तक फॉस्फोरीसैन्स का प्रभाव रहता है, उस समय को "पर्सिसटैन्स (persistance)" कहते हैं। किसी फॉस्फोरीसैन्स पदार्थ के पर्सिसटैन्स को रेडियेशन बन्द होने के समय से लेकर उस समय तक मापा जाता है जब तक कि CRT पर्दे पर बनी इमेज की प्रकाश तीव्रता, प्रारम्भिक इमेज की प्रकाश तीव्रता की लगभग 10% रह जाती है।

सामान्य कार्यों के लिए CRT में प्रायः P-31 फॉस्फर (phosphor) का प्रयोग किया जाता है जिसका फ्लोरीसैन्स (flourescence रेडियेशन पड़ते रहने समय तक प्रकाश उत्सर्जित करना) समय में पीले/हरे रंग का प्रकाश उत्सर्जित होता है तथा फॉस्फोरीसैन्स समय (रेडियेशन पड़ना बन्द होने के पश्चात् भी चमक कायम रहने का समय) में भी यह पदार्थ पहले के समान ही पीला/हरा रंग उत्सर्जित करता है। इस समय को पर्सिसटैन्स (persistance) कहते हैं तथा P-31 फॉस्फर का पर्सिसटैन्स समय मध्यम है जोकि 10μs से 1 sec तक है। अन्य उपलब्ध फॉस्फरों (कुछ अन्य मुख्य फॉस्फर $P_1, P_2, P_4, P_7, P_{11}, P_{33}$ एवं P_{45}) की अपेक्षा P-31 फॉस्फर की चमक (luminance) अति उच्चतम है। अतः TV तथा प्रयोगशालाओं में प्रयुक्त किये जाने वाले CROs में सामान्यतः P-31 फॉस्फर का ही प्रयोग किया जाता है। किसी विशेष कार्य में प्रयोग किये जाने के लिए CRO का चयन किये जाने के समय, उसके CRT के पर्दे में प्रयुक्त फॉस्फर पर विचार किया जाता है। उदाहरण के लिए रडार (radar) प्रणाली में प्रयुक्त CRT में प्रकाशित प्रतिबिम्ब का पर्सिसटैन्स समय अधिक होना चाहिए। इसके लिए, प्रायः P-33 फॉस्फर प्रयुक्त CRT ही प्रयोग किये जाते हैं जोकि फ्लोरीसैन्स एवं फॉस्फोरीसैन्स में नारंगी (orange) रंग प्रदान करता है तथा P-31 की अपेक्षा P-33 की चमक केवल लगभग 60% है परन्तु उसका (P-33 का) पर्सिसटैन्स (persistance) सबसे अधिक (1 sec से अधिक) होता है।

प्रश्न 2. CRO का ब्लॉक डायग्राम बनाइए एवं इसकी कार्यविधि समझाइए।

अथवा **साधारण उद्देशीय CRO का मूल ब्लॉक-आरेख दीजिए तथा उसके सामने के फलक पर लगे हुए नियन्त्रकों का कार्य समझाइए।**

अथवा **CRO का खण्डक चित्र खींचिए एवं विभिन्न सामने के पैनल कन्ट्रोलों का वर्णन कीजिए।** (2011)

अथवा **CRO का आन्तरिक चित्र आरेख खींचिए।** (2014, 16)

अथवा **CRO का ब्लॉक-आरेख सहित वर्णन कीजिए।** (2015)

अथवा **CRO के सामने के पैनल के कन्ट्रोलों का वर्णन कीजिए।**

उत्तर **ऑसिलोस्कोप के फ्रन्ट-पैनल नियंत्रण** Front Panel Controls of a CRO चित्र 5.4 में एक विशेष सामान्य CRO के फ्रन्ट-पैनल तथा उस पर विद्यमान विभिन्न कन्ट्रोलों को प्रदर्शित किया गया है। निर्माता प्रत्येक CRO के साथ उसका एक निर्देश मैनुअल (instruction manual) भी उपलब्ध कराते हैं। किसी CRO को प्रयोग करने से पूर्व यदि उसके मैनुअल का अध्ययन कर लिया जाए तो अच्छा रहता है।

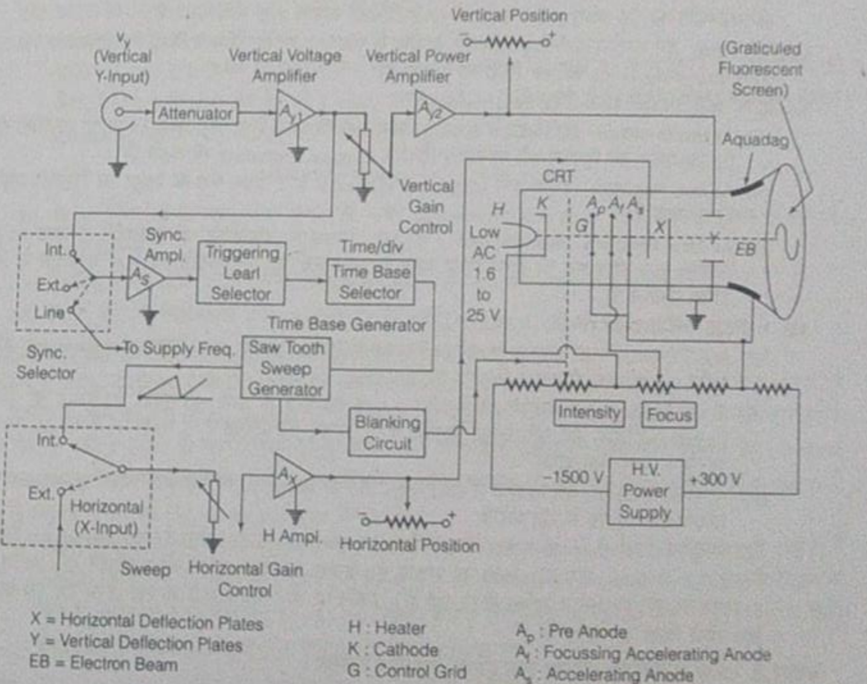
चित्र 3.4 में दर्शाये गये विभिन्न पैनल कन्ट्रोलों का विवरण निम्न प्रकार है—

1. **ऑन-ऑफ कन्ट्रोल** Power ON-OFF Control इसके द्वारा CRO को 230 V ± 10%, 50 Hz मेन पावर सप्लाई प्रदान की जाती है अथवा कट-ऑफ की जाती है। लैम्प/LED का ग्लो (glow) करना संकेत प्रदान करता है कि पावर ऑन है।
2. **तीव्रता नियंत्रण** Intensity Control इलेक्ट्रॉन बीम/स्पॉट की तीव्रता में परिवर्तन प्राप्त करने के लिए इलेक्ट्रॉन-गन की कन्ट्रोल ग्रिड एवं कैथोड के मध्य प्रयुक्त ऋणात्मक विभव के आयाम में परिवर्तन किया जाता है। कैथोड की अपेक्षा कन्ट्रोल ग्रिड जितनी अधिक ऋणात्मक विभव पर होगी उतने ही कम इलेक्ट्रॉन कैथोड से उत्सर्जित (emit) होंगे जिससे बीम की तीव्रता कम होगी।

   अतः ग्रिड विभव, कैथोड से उत्सर्जित होने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या का निर्धारण करता है जिससे इलेक्ट्रॉन बीम की तीव्रता पर नियन्त्रण प्राप्त होता है।
3. **क्षैतिज शिफ्ट नियन्त्रक** Horizontal Shift Control इसके द्वारा X-प्लेटों के मध्य एक उपयुक्त DC विभव प्रयुक्त किया जाता है। इस विभव के आयाम को परिवर्तित करके स्पॉट (spot) की स्थिति (position) को क्षैतिज दिशा में किसी वांछित स्थान पर सेट किया जा सकता है।

4. **ऊर्ध्वाधर शिफ्ट नियन्त्रण** Vertical Shift Control इस कन्ट्रोल स्पॉट द्वारा Y-प्लेटों के मध्य एक उपयुक्त DC विभव प्रयुक्त कर स्पॉट की स्थिति को ऊर्ध्व दिशा में वांछित स्थान पर सेट कर सकते हैं।
5. **फोकस नियन्त्रण** Focus Control CRT की इलेक्ट्रॉन गन में स्थित प्री-एक्सलरेटिंग एनोड एवं फोकस एनोड के मध्य विभवान्तर के कारण इन एनोडों के मध्य समविभव रेखाओं (equipotential lines) द्वारा इलेक्ट्रॉनिक अवतल लेंस (concave lens) निर्मित होता है जिसकी फोकस दूरी (focal length) परिवर्तित की जा सकती है। इसके लिए, फोकसिंग एनोड पर प्रयुक्त विभव को परिवर्तित किया जाता है। इस प्रकार स्क्रीन पर शार्प फोकस बिन्दु प्राप्त किया जा सकता है।
6. **केलीब्रेशन परिपथ** Calibration Circuit CRO के अन्दर एक केलीब्रेशन परिपथ निर्मित रहता है जोकि ज्ञात आयाम युक्त स्थिर विभव की वर्गाकार एवं ज्ञात आवृत्ति की तरंग उत्पन्न करता है। इसके द्वारा CRO के टाइम बेस एवं ऊर्ध्वाधर प्रवर्धकों को केलीब्रेट किया जाता है।
7. **एस्टीगमेटिज्म** Astigmatism अनेक CROs में यह कन्ट्रोल भी उपलब्ध रहता है जोकि एक अतिरिक्त फोकसिंग कन्ट्रोल होता है। यह कन्ट्रोल भी स्पॉट को शार्प फोकस करने के लिए प्रयोग किया जाता है। यह प्रकाशिक लेन्सों की भाँति ही एस्टीगमेटिज्म दोषों को दूर करता है।

   बीम/स्पॉट को उचित प्रकार से फोकस करने के लिए बीम को स्क्रीन के केन्द्र पर स्थापित कर, निम्न नियन्त्रकों का उपयोग किया जाता है—फोकस कन्ट्रोल, तीव्रता (intensity control) तथा एस्टीगमेटिज्म कन्ट्रोल।
8. **ऊर्ध्वाधर स्टेप अटेन्यूएटर** Vertical Step Attenuator इस कन्ट्रोल द्वारा, इनपुट सिगनल (vertical input) के आयाम का मान ज्ञात अनुपात (known ratio) में कम तथा स्टैप्स में (in steps) कम किया जाता है।



चित्र 3.4 Block Diagram of a General Purpose (Triggered Sweep) Oscilloscope

Scanned with CamScanner

9. **ऊर्ध्वाधर लब्धि कन्ट्रोल** Vertical Gain Control यह नियन्त्रण, ऊर्ध्वाधर प्रवर्धक के गेन को कन्ट्रोल करता है। वर्टीकल प्रवर्धक के आउटपुट को CRT की Y-प्लेटों के मध्य संयोजित किया जाता है।
10. **क्षैतिज लब्धि कन्ट्रोल** Horizontal Gain Control CRO के टाइम बेस परिपथ से प्राप्त स्वीप विभव तरंग को क्षैतिज प्रवर्धक के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है तथा इस प्रवर्धक की आउटपुट, CRT की X-प्लेटों के मध्य प्रयुक्त की जाती है। क्षैतिज गेन कन्ट्रोल द्वारा क्षैतिज प्रवर्धक के गेन में परिवर्तन प्राप्त किया जाता है जिससे स्वीप के आयाम में परिवर्तन होता है। इसके फलस्वरूप, स्क्रीन पर स्पॉट/बीम की एक किनारे से दूसरे किनारे तक गति नियन्त्रित होती है।
11. **टाइम बेस कन्ट्रोल** Time Base Control इस कन्ट्रोल द्वारा टाइम-बेस/स्वीप जनरेटर की आवृत्ति वांछित मान पर सेट की जा सकती है। इसकी नोब जिस स्थिति (position), time/cm में होती है, स्क्रीन पर क्षैतिज में 1 cm दूरी चलने में बीम को उतना समय लगता है। उदाहरणार्थ—माना timebase की नोब 0.2 ms/cm पर है। इसका अर्थ है कि बीम को क्षैतिज दिशा में 1 cm चलने में 0.2 ms लगता है।
12. **परिवर्तन** Variable इस कन्ट्रोल द्वारा टाइम-बेस स्विच द्वारा सलैक्ट की गई रेन्ज के मध्य किसी आवृत्ति पर स्वीप को सेट किया जा सकता है। परन्तु केलीब्रेटेड स्वीप को प्राप्त करने के लिए (अर्थात् जो टाइम-बेस स्विच की नोब के सामने time/cm अंकित है) इस कन्ट्रोल नोब (knob) को पूर्ण रूप से घड़ी के विपरीत दिशा (anti-clockwise position) पर रखना चाहिए।
13. **क्षैतिज-बाहरी स्विच** Horizontal External Switch जब यह स्विच प्रेस अवस्था में रखा जाता है तब यह timebase भाग को कट-ऑफ कर देता है तथा क्षैतिज प्रवर्धक ext hor-Input के साथ संयोजित हो जाता है। ऑसिलोस्कोप को इस प्रकार प्रयोग करने को X-Y डिसप्ले अथवा X-Y मोड कहते हैं।
14. **स्तर** Level इस कन्ट्रोल द्वारा इनपुट सिगनल के पीक से पीक तक आयाम के मध्य किसी विभव स्तर पर ट्रिगरिंग लेवल (triggering level) को सैट किया जा सकता है।
15. **ट्रिगर स्रोत** Trigger Source or Sync. Selector
   (i) **At Int. Position** इस स्थिति में ऊर्ध्वाधर प्रवर्धक से सिगनल, ट्रिगर परिपथ के इनपुट पर संयोजित होते हैं। इस प्रकार की ट्रिगरिंग को आन्तरिक ट्रिगरिंग (internal triggering) भी कहते हैं।
   (ii) **At Ext. Position** इसके द्वारा trigger ext. connector द्वारा टाइम-बेस के इनपुट पर सिगनल प्रयुक्त किया जाता है।
   (iii) **At Line Position** Sync Selector की इस अवस्था में, ट्रांसफॉर्मर की सेकण्डरी से प्राप्त 50 Hz सिगनल द्वारा टाइम बेस को ट्रिगर किया जाता है। सामान्यतः यह मेन आवृत्ति (50 Hz) अनुप्रयोग के लिए उचित ट्रिगरिंग है।
16. **Y-इनपुट कनेक्टर की स्थिति** DC/AC/GND
   (i) At DC Position इस अवस्था में, इनपुट सिगनल में यदि DC विभव अध्यारोपित (superimposed) हो तो स्क्रीन DC के साथ ही इनपुट-सिगनल प्रदर्शित होगा।
   (ii) At AC Position इस अवस्था में सिगनल 0.1 μF संधारित्र के द्वारा अटेन्यूएटर के इनपुट पर युग्मित (coupled) होता है अतः यदि इनपुट सिगनल में DC विभव अध्यारोपित है तो स्क्रीन पर केवल AC सिगनल का पैटर्न ही प्रदर्शित होगा।
   (iii) AT GND Position इस अवस्था में CRO इनपुट टर्मिनल ग्राउण्ड हो जाता है अतः स्क्रीन पर बीम, स्वीप के कारण क्षैतिज दिशा में गति करेगी।
17. **बीम सन्तुलन** Beam Balance CRO के फ्रन्ट पैनल पर एक "Bal" कन्ट्रोल होता है जोकि 10 turn pot होता है। जिसको screw driver द्वारा सैट किया जा सकता है। केवल आन्तरिक स्वीप की उपस्थिति में (अर्थात् जब Y-इनपुट पर कोई सिगनल न प्रयुक्त किया गया हो), स्क्रीन पर बीम यदि तिरछी आ रही हो तो उसे इस कन्ट्रोल द्वारा सीधा किया जा सकता है।

प्रश्न 3. CRO के विनिर्देश दीजिए तथा इसके अनुप्रयोग लिखिए। (2012)

अथवा **CRO के स्पेसिफिकेशन्स बताइए।**

उत्तर एक एकल बीम (single beam) कैथोड रे ऑसिलोस्कोप के मुख्य स्पेसिफिकेशन तथा उनका अभिप्राय निम्नवत् होता है—

ऊर्ध्वाधर विक्षेपण Vertical Deflection (Y)

Bandwidth	: DC-20 MHz (– 3 dB) DC-27 MHz (– 6 dB) (i) यह CRO, DC (0 Hz) से 20 MHz तक की बैण्डविड्थ वाले इनपुट सिगनलों को पूर्ण आयाम से – 3 dB कम आयाम तक (peak से लगभग 70.7% तक) का पैटर्न प्रदान करता हुआ उचित प्रकार से कार्य करता है। (ii) 20 MHz से 27 MHz तक की बैण्डविड्थ वाले सिगनलों के आयाम में पीक से – 6 dB कम तक (अर्थात् पीक से लगभग 50% peak मान) का पैटर्न प्रदान करते हुए उचित प्रकार से कार्य करता है।
Rise Time	: 19.5 ns (approx) इनपुट सिगनल के पीक का 10% से 90% तक पहुँचने का समय, 19.5 ns (neno-sec) के बराबर अथवा इससे अधिक होना चाहिए तभी CRO का प्रचालन सन्तोषजनक होगा।
Deflection Coefficients	: 12 Calibrated Steps 5 mV/cm to 20 V/cm, (in 1 – 2 – 5 Sequence) (1 Div. = 1 cm); Variable Gain Control Uncalibrated to 2 mV/cm इस डाटा के अनुसार ग्रेटीकुल स्क्रीन पर, ऊर्ध्वाधर प्रवर्धक के स्विच की सैटिंग के अनुसार, 1 Vertical Div (अर्थात् 1 cm) का मान 5 mV से 20 V तक हो सकता है।
Accuracy	: ± 3% (in Calibration Position)
Input Impedance	: 1 MΩ || 25 pF CRO के Y-इनपुट की इनपुट प्रतिबाधा 1 Megadm तथा धारिता 25 pF ($= 25 \times 10^{-12}$ Farad) है।
Max. Input Voltage	: 500 V (DC + Peak AC) यह CRO के Y-इनपुट पर प्रयुक्त किये जा सकने वाले विभव का अधिकतम आयाम मान है। अतः इस स्पेसिफिकेशन के अनुसार अधिकतम 500 V अथवा अधिकतम 500 V, AC विभव का पीक से पीक तक अथवा DC अधिरोपित (superimposed) AC सिगनल का DC विभव + AC विभव का अधिकतम मान 500 V, Y-इनपुट का प्रयुक्त किया जा सकता है।
Input Coupling	: DC-AC-GND
Overscanning	: Indicated by 2 LEDs यदि स्क्रीन पर बनने वाले इनपुट सिगनल के पैटर्न का आकार, स्क्रीन की ऊपरी अथवा/और नीचे (lower) की सीमा से अधिक है तो क्रमशः upper अथवा/और lower LED ग्लो हो जायेगा।
X – Y Operation	: Input Via Hor (X)—Hor. Ext. स्विच अर्थात् X – Y प्रेस स्विच को प्रेस अवस्था में रखने पर CRO, X – Y मोड में कार्य करता है तथा इस स्थिति में बीम के क्षैतिज स्वीप के लिए सिगनल को Hor (अर्थात् X) Input कनैक्टर पर प्रयुक्त करना होता है।

कैथोड-रे ट्यूब Cathode-ray Tuber; CRT

Screen Type	: P-31 यह स्क्रीन पर लेपित (coated) फॉस्फर की वर्गीकरण संख्या है। इससे फॉस्फर के फ्लोरीसैन्स (रेडियेशन पड़ते समय चमकदार स्पॉट का रंग), फॉस्फोरीसैन्स (रेडियेशन बन्द होने के पश्चात्, पैर्सिस्टैन्स समय तक चमकदार स्पॉट दिखाई देता है) के समय स्पॉट का रंग।

	P-31 फॉस्फर के निम्न घटकों का मान फ्लोरीसैन्स—पीला हरा फॉस्फोरीसैन्स—पीला-हरा पैर्सिस्टैन्स—10 μs to 1 sec
Accelerating Potential	: 2000 V यह CRT की कन्ट्रोल ग्रिड से लेकर एक्वाडेग कोटिंग (aquadag coating) तक प्रयुक्त कुल वोल्टेज है। एक प्रतिरोधी विभव विभाजक (voltage divider) के इनपुट पर 2 kV प्रयुक्त कर, विभाजक की टैपिंगों (tappings) से उचित विभव मान को CRT की विभिन्न इलेक्ट्रोडों पर प्रयुक्त किया जाता है।
Size	: Round 13 cm, ϕ
टाइम बेस Time Base Time Coefficients	: 21 Calibrated Steps from 0.5 μs/cm to 2s/cm (1-2-5 Sequence); with Magnifier × 5 to 100 ns/cm; with variable control uncalibrated to 40 ns/cm. (i) टाइम बेस स्विच को 0.5 μs/cm से 2s/cm तक विद्यमान 21 steps स्विच को किसी भी वांछित स्टेप पर सैट कर सकते हैं। (ii) X-Pos स्विच को बाहर की तरफ खींचने पर (pulled outwards), 5 गुना चौड़ा पैटर्न प्राप्त होता है। (iii) X-Pos कन्ट्रोल द्वारा पैटर्न की चौड़ाई (अर्थात् टाइम-अक्ष पर विड्थ) को बढ़ा सकते हैं।
Ramp Output	: 10 V (Approx.) टाइम-बेस जनरेटर से प्राप्त Sawtooth विभव का अधिकतम मान लगभग 10 V है।
Trigger System Source	: CRO को TV मोड़ में, TV को टेस्ट अथवा निर्माण के समय प्रयोग किया जाता है। TV सैटिंग पर CRO, 25 Hz तथा 7812.5 Hz आवृत्ति की स्वीपें उत्पन्न करता है जो TV निर्माण एवं सर्विसिंग में उपयोग की जाती है।
Modes	: Automatic or Variable Trigger Level ट्रिगर लेवल "Level" नोब को AT स्थिति (position) पर रखने से, इनपुट सिगनल के किस आयाम पर टाइम बेस जनरेटर को ट्रिगर करना है, उसका चयन CRO द्वारा स्वत: (automatic) किया जाता है। "Level" कन्ट्रोल नोब को अन्य स्थिति पर स्थिर करके इनपुट सिगनल के वांछित बिन्दु (आयाम) पर टाइम-बेस के लिए triggering pulse सैट कर सकते हैं।
Coupling	: DC/AC/TV Frame
Sensitivity	: Int : 5 mm (0.5 Div.) Ext : 2 V (Approx.)
Bandwidth	: DC to 40 MHz

बाहरी क्षैतिज (X–) विक्षेपण External Horizontal (X –) Deflection

Bandwidth	: DC to 2 MHz (–3 dB) (in X – Y Mode) CRO के कुछ अनुप्रयोग, X – Y मोड में करने होते हैं। इसके लिए X – Y मोड स्विच को X – Y मोड की स्थिति में रखकर, Hor. Input को बाहर से स्वीप सिगनल प्रदान किया जाता है। इस CRO के लिए बाहरी स्वीप सिगनल की आवृत्ति DC से 2 MHz के मध्य होनी चाहिए।
Input Impedance	: 1 MΩ || 25 pF
कैलीब्रेटर (Calibrator) Freq. and Voltage	: Square Wave of 0.2 V ± 1%, and 1 kHz for Probe Compensation

शक्ति स्रोत (Power Supply)

Mains Voltages	: 220 – 240 V ± 10% Internally Selectable
Frequency	: 50 Hz ± 5%
Power Consumption	: 35 VA (approx.)

भार एवं आकार (Weight and Dimensions)

Weight	: 7.2 kg (approx.)
Dimension (mm)	: 215 W × 239 H × 390 D

CRO के अनुप्रयोग Applications of Cathode-ray Oscilloscope किसी राशि के मापन के लिए उच्च प्रतिबाधा वाले घटक अथवा परिपथ को, कम इनपुट प्रतिबाधा वाले वोल्टमीटर, एमीटरमीटर, फ्रीक्वैन्सी मीटर इत्यादि के साथ संयोजित करने से परिपथ/घटक की लोडिंग होती है जिससे मापन परिमाण, त्रुटिपूर्ण प्राप्त होता है। ऐसे स्थानों पर CRO, एक प्रभावी मापन यन्त्र की भाँति प्रयोग किया जा सकता है क्योंकि CRO की इनपुट प्रतिबाधा अति उच्च 1 MΩ से 10 MΩ तक होती है।

CRO के कुछ प्रमुख अनुप्रयोग निम्नलिखित हैं—

(i) AC तथा DC विभव का मापन

(ii) अज्ञात विभव तथा धारा के तरंग स्वरूप का प्रदर्शन

(iii) AC तथा DC धारा का मापन

वास्तव में CRO द्वारा विभव का मापन किया जाता है, जिस परिपथ की धारा का मापन करना हो उस परिपथ की श्रेणी में 0.01 Ω से 10 Ω तक का शंट (shunt; माना RΩ है) संयोजित कर उसके एक्रॉस विभव का मापन (माना m volts है) करके धारा के मान की गणना निम्न सूत्र द्वारा कर सकते हैं—

$$I = \frac{m}{R} \text{ Amps}$$

(iv) दो AC सिगनलों के मध्य फेज-शिफ्ट का मापन (measurement of phase shift between two ac voltage waveforms)

(v) लिसाजू आरेख द्वारा आवृत्ति मापन (frequency measurement using lissajous figures)

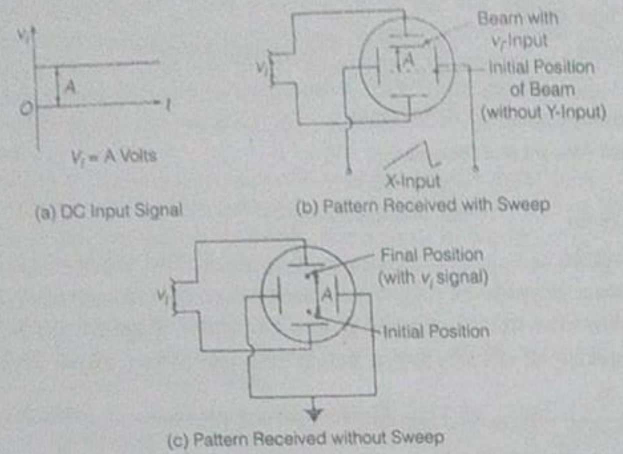
(vi) विभव तरंग के आवर्तकाल (time period; T) का मापन

प्रश्न 4. CRO द्वारा AC तथा DC विभव कैसे मापा जाता है समझाइए।

उत्तर **CRO द्वारा AC तथा DC विभव का मापन** Measurement of AC and DC Voltage by a CRO CRO की स्क्रीन पर बीम का विक्षेपण (deflection) उसकी डिफ्लैक्शन प्लेटों के पेयर के मध्य प्रयुक्त विभव के सीधे समानुपाती होते हैं। यदि Y-प्लेटों के मध्य प्रयुक्त इनपुट विभव (v_i) के कारण, स्क्रीन पर बीम का ऊर्ध्वाधर दिशा (vertical direction) में विस्थापन/विक्षेपण, m cm. होता है तथा ऊर्ध्वाधर प्रवर्धक की सुग्राहिता (sensitivity) यदि n volt/cm है तो प्रयुक्त विभव का मान, $v_i = m \times n$ volts होगा।

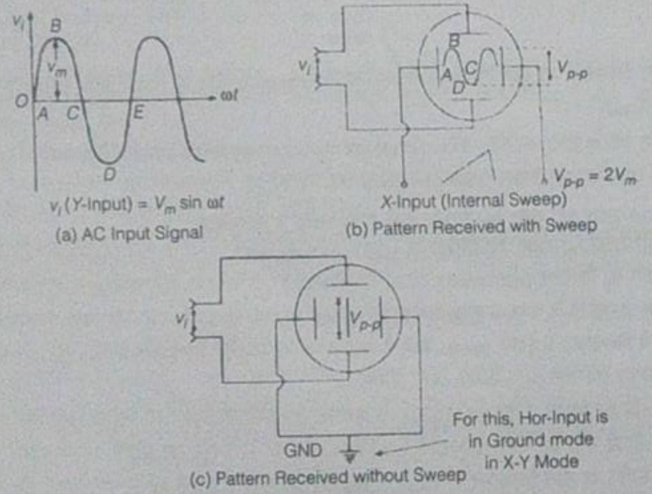
1. DC विभव का मापन एक CRO द्वारा DC वोल्टेज मापन की दो प्रकार की विधियों को चित्र 3.5 (b तथा c) में प्रदर्शित किया गया है। मापी जाने वाली DC विभव (v_i) को Y-इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है। इस विभव के कारण, स्क्रीन पर बीम विस्थापन, D = 2.5 cm (माना) है तथा Y-प्रवर्धक की सेन्सिटिविटी यदि 5 V/cm पर है तो चित्र 3.5 (b अथवा c) के अनुसार अज्ञात DC विभव (A) का मान

$$A = D \times \text{Sensitivity} = (2.5 \text{ cm}) \times (5 \text{ V/cm}) = 12.5 \text{ volts}$$



चित्र 3.5 DC Voltage Measurement by a CRO

2. AC विभव का मापन एक CRO द्वारा AC वोल्टेज का मापन भी दो विधियों में से किसी एक विधि द्वारा किया जा सकता है। इन दोनों विधियों को चित्र 3.6 (b और c) में प्रदर्शित किया गया है। चित्र 3.6 (b) में प्रदर्शित विभव मापन विधि में इनपुट सिगनल, V_i को Y-प्लेटों के मध्य प्रयुक्त करते हैं तथा X-प्लेटों के मध्य स्वीप को टाइम-बेस स्विच द्वारा किसी उचित स्थिति में रखते हैं जिससे कम से कम स्क्रीन पर, एक धनात्मक एवं एक ऋणात्मक पीक अवश्य हो। इसमें पैटर्न की पीक से पीक तक की लम्बाई ज्ञात कर लेते हैं, माना वह D cm है।



चित्र 3.6 AC Voltage Measurement by a CRO

इसी प्रकार, चित्र 3.6 (c) में प्रदर्शित विभव मापन विधि में, टाइम बेस परिपथ स्विच ऑफ कर दिया जाता है (CRO को $X-Y$ मोड में रखने पर टाइम बेस परिपथ, cut-off हो जाता है), इससे Y-इनपुट प्रयुक्त AC विभव के पीक से पीक विभव मान के समानुपाती ऊर्ध्वाधर रेखा प्राप्त होती है। माना इस रेखा की लम्बाई, D cm है।

माना उपरोक्त मापन में Y-प्रवर्धक की सेन्सिटिविटी, n volt/cm है तो अज्ञात इनपुट सिगनल (V_i) का पीक से पीक का विभव (V_{p-p}) मान

$$V_{p-p} = D \times m \text{ volt} \quad \ldots(i)$$

अतः इनपुट सिगनल (V_i) का RMS मान

$$V_{i(rms)} = \frac{mD}{2\sqrt{2}} \text{ volt}$$

$$\cong 0.3536 \text{ mD V} \quad \ldots(ii)$$

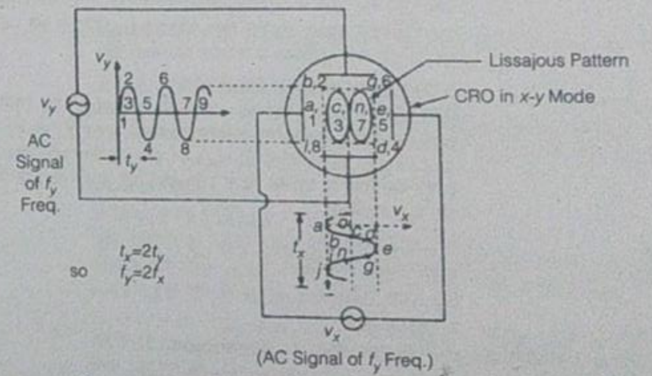
प्रश्न 5. 'लिसाजू' आकृतियाँ क्या हैं? इनकी विवेचना कीजिए। (2013, 16)

अथवा **CRO में आवृत्ति कैसे मापी जाती है?**

अथवा **CRO की सहायता से अज्ञात आवृत्ति कैसे नापते हैं?**

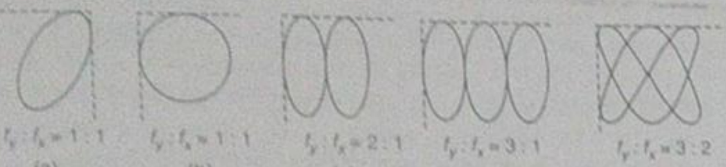
उत्तर यदि एक AC इनपुट विभव तरंग को Y-प्लेटों के मध्य तथा क्षैतिज प्रवर्धक (X-इनपुट) इनपुट पर, आन्तरिक स्वीप जनरेटर के स्थान पर, बाहर से एक अन्य AC विभव तरंग प्रयुक्त की जाए तो CRO एक X-Y प्लॉटर (plotter) की भाँति कार्य करता है जोकि क्षैतिज एवं ऊर्ध्वाधर इनपुट सिगनलों के मध्य सम्बन्ध स्थापित पैटर्न को स्क्रीन पर प्रदान करता है जिसे लिसाजू पैटर्न (lissajous pattern) कहते हैं। इन लिसाजू पैटर्न के उपयोग द्वारा किसी सिगनल की आवृत्ति को ज्ञात कर सकते हैं। इसके लिए एक अन्य स्टैण्डर्ड ऑसिलेटर की आवश्यकता होती है जिससे परिवर्तित तथा ठीक से अंशांकित (variable and accurately calibrated) विभव तरंग प्राप्त की जा सके।

जिस सिगनल की आवृत्ति (f_y) ज्ञात करनी हो उसे ऊर्ध्वाधर प्लेटों (Y-plates) के मध्य तथा कैलीब्रेटेड ऑसिलेटर से प्राप्त सिगनल को क्षैतिज प्लेटों (X-plates) के मध्य प्रयुक्त किया जाता है जैसा कि चित्र 3.7 में प्रदर्शित किया गया है। CRO को X-Y मोड में प्रचालन कराने के लिए, CRO के आन्तरिक स्वीप जनरेटर का स्विच ऑफ कर दिया जाता है जिसके लिए स्वीप सलैक्टर को Ext. स्थिति (अथवा hor. ext. अथवा X-Y मोड) पर सेट किया जाता है।



चित्र 3.7 Frequency Measurement using Lissajous Figures by a CRO

अब X-इनपुट पर संयुक्त ऑसिलेटर की आवृत्ति (f_x) को तब तक परिवर्तित करते हैं जब तक की स्क्रीन पर स्थिर पैटर्न नहीं प्राप्त होता है। यदि यह प्राप्त पैटर्न एक दीर्घवृत्त (ellipse) अथवा एक वृत्त (circle) जैसाकि क्रमशः चित्र 3.8 (a and b) में प्रदर्शित किया गया है, तो दोनों सिगनलों की आवृत्ति बराबर (अर्थात् $f_y = f_x$) होती है। यदि स्टैण्डर्ड ऑसिलेटर की आवृत्ति (f_x) में परिवर्तन करने पर वृत्त अथवा दीर्घवृत्त आकार का स्थिर पैटर्न नहीं प्राप्त होता है तो ऑसिलेटर की आवृत्ति (f_x) को उस मान पर समायोजित (adjust) करते हैं जिस पर स्क्रीन पर दो, तीन या अधिक बन्द लूप वाला कोई स्थिर लिसाजू पैटर्न प्राप्त हो, जैसा कि चित्र 3.8 (c) से चित्र 3.8 (e) तक में प्रदर्शित किया गया है।



f_y = Frequency of Signal Applied at Vertical Input (y-Plates)
f_x = Frequency of Signal Applied at Horizontal Input (x-Plates)

चित्र 3.8 Lissajous Figures Indicating Frequency Ratio Between Vertical to Horizontal (Y-Plates to X-Plates) Signals

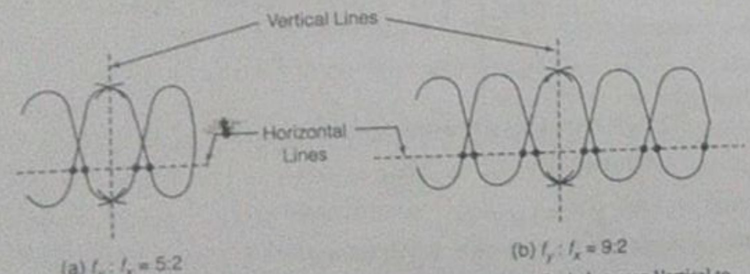
यदि Y-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति (f_y), X-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति (f_x) से दो गुनी अर्थात् $f_y = 2f_x$ है तो इसका अभिप्राय यह है कि बीम/स्पॉट, ऊर्ध्वाधर दिशा में दो चक्र पूर्ण करता है जबकि उतने समय में ही क्षैतिज दिशा में एक चक्र ही पूर्ण करता है, इसके फलस्वरूप स्क्रीन पर बनने वाले लिसाजू पैटर्न को चित्र 3.8 (c) में प्रदर्शित किया गया है। यदि इस पैटर्न पर चित्र 3.8 (c) के अनुसार क्षैतिज तथा ऊर्ध्वाधर स्पर्श रेखाएँ (tangent lines) खींची जायें तब क्षैतिज दिशा में पैटर्न के स्पर्श बिन्दुओं एवं ऊर्ध्वाधर दिशा में स्पर्श बिन्दुओं का अनुपात, ऊर्ध्वाधर एवं क्षैतिज सिगनलों की आवृत्तियों का अनुपात (f_y / f_x) प्रदर्शित करता है। अतः

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{क्षैतिज स्पर्श रेखा पर पैटर्न की स्पर्श बिन्दुओं की संख्या}}{\text{ऊर्ध्वाधर स्पर्श रेखा पर पैटर्न की स्पर्श बिन्दुओं की संख्या}}$$

अतः चित्र 3.8 (a, b, c, d and e) में लिसाजू पैटर्नों के अनुसार, अज्ञात आवृत्ति (f_y) अर्थात् Y-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति तथा ज्ञात सिगनल की आवृत्ति (f_x) अर्थात् X-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति का अनुपात (f_y / f_x) का मान क्रमशः 1 : 1, 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1 एवं 3 : 2 है।

परन्तु यह उपरोक्त नियम उस समय सत्य नहीं होता है जब Y-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति (f_y) एवं X-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की आवृत्ति (f_x) द्वारा निर्मित लिसाजू पैटर्न खुले सिरों वाले हो जैसाकि चित्र 3.9 में प्रदर्शित किया गया है। इस प्रकार के पैटर्नों में एक क्षैतिज तथा एक ऊर्ध्वाधर लाइन इस प्रकार खींची जाती है कि वे पैटर्न के कटाव-बिन्दु (cut off-point) से न गुजरे तथा पैटर्न को क्षैतिज एवं ऊर्ध्वाधर दिशा में अधिकतम बिन्दुओं पर काटती हो, जैसाकि चित्र 3.9 (a and b) में प्रदर्शित किया गया है। अब इससे, ऊर्ध्वाधर एवं क्षैतिज सिगनलों की आवृत्ति का अनुपात (f_y / f_x) निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जाता है—

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{\text{लिसाजू पैटर्न के साथ क्षैतिज रेखा द्वारा कटान-बिन्दु}}{\text{इस लिसाजू के साथ ऊर्ध्वाधर रेखा द्वारा कटान-बिन्दु}}$$



चित्र 3.9 Lissajous Figures of Open Corners Indicating Frequency Ratio between Vertical to Horizontal Signals (f_y / f_x) Ratio

चित्र 3.9 (a) के अनुसार,

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{5}{2}$$

तथा चित्र 3.9 (b) के अनुसार

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{9}{2} \quad \text{अर्थात्} \quad f_y = \frac{9}{2} f_x$$

अतः लिसाजू पैटर्न के सहयोग से स्टैण्डर्ड ऑसिलेटर की आवृत्ति (f_x) पढ़कर, उपरोक्त सूत्रों में से जो पैटर्न के अनुसार उचित हो, उसके द्वारा y-इनपुट पर प्रयुक्त सिगनल की अज्ञात आवृत्ति (f_y) के मान की गणना की जा सकती है तथा इस सिगनल तरंग का आवर्त-काल (time period; इसे केवल period भी कहते हैं), T की गणना निम्न सूत्र द्वारा की जा सकती है—

$$T = \frac{1}{f_y}$$

प्रश्न 6. निम्न पर टिप्पणी लिखिए—

1. CRO द्वारा विभव तरंग के आवर्त-काल का मापन।
2. CRO द्वारा दो विभव तरंगों के मध्य फेज-शिफ्ट का मापन। (2013)

अथवा **CRO का प्रयोग अवधि (टाइम-पीरियड) एवं फेज मापन में किस प्रकार किया जाता है, समझाइए।** (2016)

उत्तर 1. CRO द्वारा विभव तरंग के आवर्त-काल का मापन Measurement of the Time-period of a Voltage Waveform by a CRO

CRO द्वारा किसी विभव तरंग के आवर्त-काल (time period; T) को निम्न दो विधियों में से किसी एक विधि द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

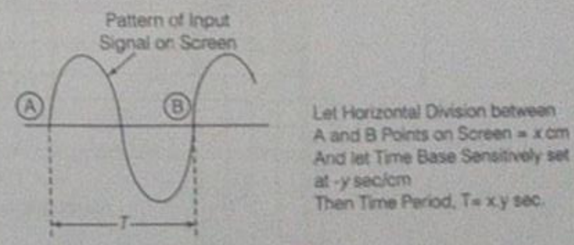
(i) लिसाजू पैटर्न (lissajous pattern) प्राप्त कर प्रथम विभव तरंग की आवृत्ति (f) की गणना करने के पश्चात् सूत्र $T = \frac{1}{f_y}$ द्वारा आवर्त-काल (T) की गणना की जाती है।

(ii) विभव तरंग के पैटर्न से स्क्रीन पर बने क्षैतिज खानों (division) तथा CRO के time-base की सलेक्टेड सेन्सिटिविटी (time/div.) के सहयोग से निम्न प्रकार से ज्ञात करते हैं—

इस मापन में सामान्यतः CRO के आन्तरिक स्वीप जनरेटर का प्रयोग करते हैं। अज्ञात आवृत्ति (f) एवं आवर्त-काल (T) वाली विभव तरंग को CRO के ऊर्ध्वाधर इनपुट टर्मिनल (Y-इनपुट) पर प्रयुक्त करते हैं जिससे स्क्रीन पर इनपुट सिगनल का पैटर्न प्राप्त होता है। अब time-base स्विच को ऐसी अवस्था में सेट करते हैं कि प्राप्त पैटर्न स्क्रीन पर फैला हुआ हो तथा स्क्रीन पर इनपुट सिगनल का एक चक्र (one cycle) अवश्य हो। अब इनपुट विभव तरंग के पैटर्न में दो समान कला (phase) वाले बिन्दुओं (चित्र 3.10 में A एवं B बिन्दुओं द्वारा प्रदर्शित किया गया है) के मध्य समय को ज्ञात कर लेते हैं जोकि इस तरंग का आवर्त-काल (T) होता है। इस आवर्त-काल (T) को निम्न प्रकार ज्ञात करते हैं—

स्क्रीन पर A एवं B बिन्दुओं के मध्य दूरी को पढ़ लेते हैं, माना यह दूरी = x cm (अथवा x div.) है।

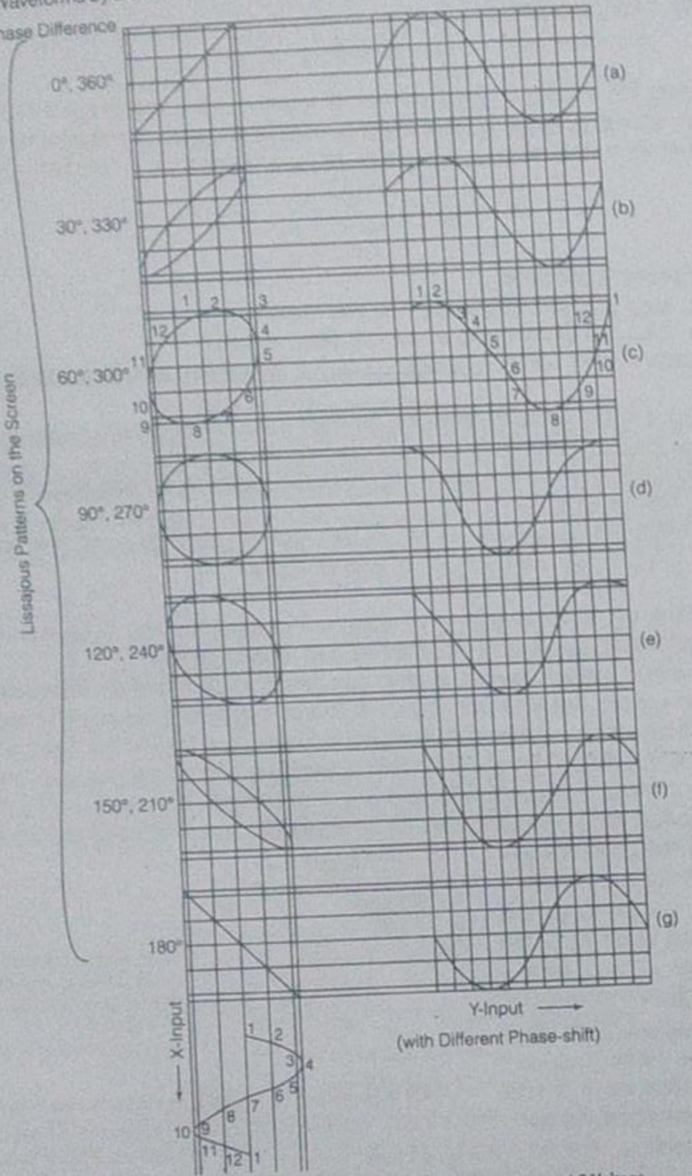
यदि time-base स्विच को y time/cm (अथवा y time/div.) पर सेट किया गया हो तो विभव तरंग आवर्त-काल (T) का मान



चित्र 3.10 Measurement of Time-period of a Voltage Waveform

$$T = x \cdot y \text{ Time}$$

2. CRO द्वारा दो विभव तरंगों के मध्य फेज-शिफ्ट का मापन Measurement of Phase-shift between Two Voltage Waveforms by a CRO हम जानते हैं कि यदि CRO को X-Y मोड में रखकर, Y-इनपुट पर एक



चित्र 3.11 Lissajous Patterns Showing Phase Difference between AC Voltage

ज्यावक्रीय विभव तरंग (sinusoidal voltage waveform, V_y) तथा X-इनपुट पर दूसरी ज्यावक्रीय विभव तरंग, V_x प्रयुक्त की जाए तब स्क्रीन पर लिसाजू पैटर्न (lissajous pattern) प्राप्त होता है। इस पैटर्न द्वारा प्रयुक्त दोनों विभव तरंगों (V_y एवं V_x) के मध्य फेज-शिफ्ट को निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है—

यदि दोनों प्रयुक्त विभव तरंगों (V_y एवं V_x) का आयाम एवं आवृत्ति समान होती है तो स्क्रीन पर सामान्यत: एक दीर्घवृत्त (ellipse), सरल रेखा (straight line) अथवा वृत्त (circle) प्राप्त होता है। दो विभव-तरंगों (V_y एवं V_x) के मध्य कुछ विशेष फेज-शिफ्ट होने पर, स्क्रीन पर प्राप्त होने वाले लिसाजू पैटर्नों को चित्र 3.11 (a) से चित्र 3.11 (g) तक में प्रदर्शित किया गया है। इसमें X-इनपुट पर विभव तरंग, $V_x = V_{m1} \sin \omega t$ प्रयुक्त की गई है तथा V_y-इनपुट पर विभव तरंग, $V_y = V_{m2} \sin (\omega t + \phi)$ प्रयुक्त की गई है। दोनों विभव तरंगों के आयाम का मान असमान होने पर दीर्घवृत्त के आकार में परिवर्तन प्राप्त होता है। अत: यदि हो सके तो दोनों प्रयुक्त विभवों के आयाम मान बराबर रखने चाहिए।

विभव तरंगों के मध्य फेज-शिफ्ट (ϕ) में परिवर्तन होने पर प्राप्त दीर्घवृत्त के आकार में भी परिवर्तन आता है। उदाहरणार्थ जब V_s एवं V_y विभव तरंगों के मध्य 0° अथवा 180° फेज-शिफ्ट होता है तो स्क्रीन पर एक सरल रेखा दिखाई देती है परन्तु 0° फेज-शिफ्ट पर सरल रेखा X-अक्ष से 45° का कोण बनाती है, जबकि 180° फेज-शिफ्ट पर 135° का कोण बनाती है, जैसा कि क्रमश: चित्र 3.11 (a) एवं 3.11 (g) में प्रदर्शित किया गया है। इसी प्रकार, V_x एवं V_y विभव तरंगों के मध्य फेज-शिफ्ट 90° होने पर स्क्रीन पर वृत्त (circle) प्राप्त होता है, जैसा कि चित्र 3.11 (d) में प्रदर्शित किया गया है।

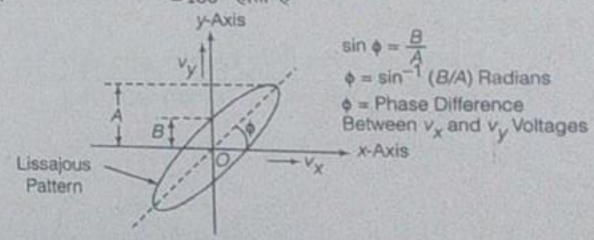
CRO में प्रयुक्त दोनों विभव तरंगों के मध्य फेज-शिफ्ट (ϕ), का मान परवलय की दीर्घ-अक्ष (major axis) एवं X-अक्ष के मध्य निर्मित होने वाले कोण के बराबर होता है। इस कोण (ϕ) की निम्न प्रकार से गणना करके दोनों विभव तरंगों के मध्य के फेज-शिफ्ट को ज्ञात कर सकते हैं

दोनों विभव तरंगों के आयाम, समान अथवा असमान होने पर भी उनके मध्य फेज-शिफ्ट (ϕ), चित्र 3.11 में प्रदर्शित लिसाजू पैटर्न से B एवं A के मान माप कर निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\sin \phi = \frac{B}{A}$$

अर्थात् $\phi = \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right)$ **(in Radian)**

$\because \pi$ रेडियन का मान $= 180°$ होता है



चित्र 3.12 Measurement of Phase-Shift between Two AC Voltage V_y and V_x

$\therefore$ 1 रेडियन का मान $= \frac{180°}{\pi} \cong \frac{180}{3.1416}$

अत: 1 रेडियन $\cong 57.296°$

अत: फेज-शिफ्ट (ϕ) का मान डिग्री में निम्न प्रकार से लिख सकते हैं

$$\phi = 57.296 \sin^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) \text{ (डिग्री में)}$$

प्रश्न 7. स्पेक्ट्रम विश्लेषक पर टिप्पणी लिखिए।

अथवा स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर के कार्य सिद्धान्त को समझाइए। (2011)

अथवा स्पेक्ट्रम विश्लेषक के क्या कार्य हैं? इसके कार्य सिद्धान्त को समझाइए।

अथवा स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर की कार्यप्रणाली को समझाइए। (2012)

अथवा ब्लॉक डायग्राम की मदद से स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर के कार्य को समझाइए।

अथवा स्पेक्ट्रम विश्लेषक की कार्यविधि समझाइए।

अथवा स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर की कार्यविधि लिखिए। (2016)

अथवा स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर के कार्य सिद्धान्त की व्याख्या कीजिए। (2018)

उत्तर **स्पेक्ट्रम विश्लेषक** Spectrum Analyser इसका प्रमुख उपयोग, मॉडुलेटेड अथवा साधारण सिगनल के किसी एक रेन्ज के समस्त आवृत्ति स्पेक्ट्रम में ऊर्जा वितरण (energy distribution) के अध्ययन में किया जाता है। इससे किसी प्रवर्धक की बैण्ड-विड्थ (bandwidth) सिगनल में अवांछित पल्स के सम्बन्ध में महत्त्वपूर्ण सूचनाएँ इत्यादि प्राप्त की जा सकती है। इसके द्वारा ऑडियो एवं रेडियो (10 MHz से 40 GHz तक) दोनों प्रकार की सिगनलों की फ्रीक्वैन्सी स्पेक्ट्रम विश्लेषण किया जा सकता है। अति अधिक प्रसिद्ध स्पेक्ट्रम विश्लेषक 10 MHz से 22 GHz रेन्ज वाला है जिसकी रिजोल्यूशन (resolution) बैण्ड-विड्थ 10 Hz से 3 MHz तक है।

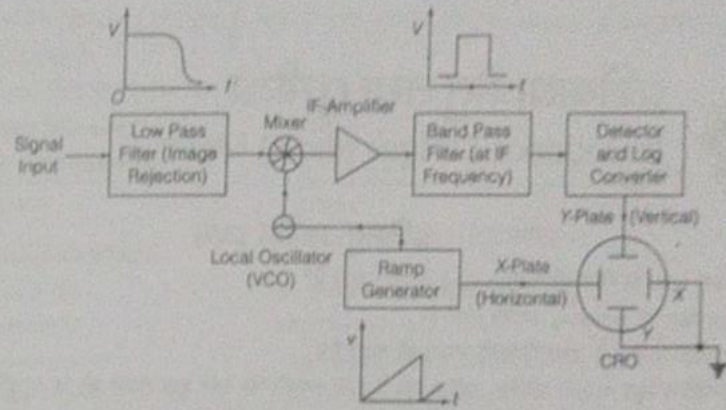
स्पेक्ट्रम विश्लेषक, X-Y मोड में CRO की स्क्रीन पर इनपुट सिगनल के आयाम-आवृत्ति ग्राफ को प्रदर्शित करते हैं। स्क्रीन की Y-अक्ष पर सिगनल का आयाम (amplitude, strength सामान्यत: dBs में) डिसप्ले होता है तथा X-अक्ष पर सिगनल की आवृत्ति प्रदर्शित होती है। अत: स्पेक्ट्रम ऐनालाइजर, आवृत्ति के प्रति इनपुट सिगनल के आयाम (signal amount versus frequency) को ग्रहण करता है।

स्पेक्ट्रम विश्लेषक बेसिक रूप से निम्न दो प्रकार के होते हैं—

(i) स्वेप्ट ट्यून्ड स्पेक्ट्रम विश्लेषक (Swept Tuned Spectrum Analyser)

(ii) वास्तविक-समय स्पेक्ट्रम विश्लेषक (Real Time Spectrum Analyser)

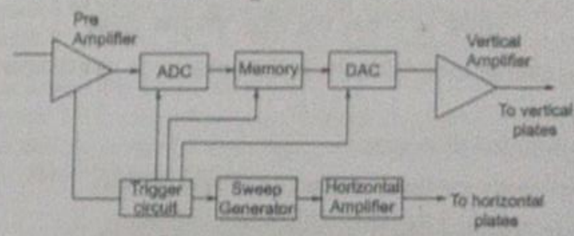
सामान्यत: स्वेप्ट ट्यून्ड स्पेक्ट्रम विश्लेषक का ही उपयोग किया जाता है जिसके ब्लॉक-आरेख को चित्र 3.13 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें मुख्य रूप से एक तंग बैण्ड (narrow band) का सुपरहीट्रोडाइन ग्राही (superheterodyne receiver), लोकल ऑसिलेटर (local oscillator; Lo), CRO इत्यादि होते हैं। लोकल ऑसिलेटर प्राय: एक विभव नियन्त्रित दोलित्र (voltage control oscillator; VCO) होता है जोकि आन्तरिक उत्पन्न रैम्प तरंग द्वारा स्वीप होता है। चूँकि लोकल ऑसिलेटर (Lo), एक आवृत्ति रेन्ज के लिए स्वेप्ट होता है, अत: इनपुट सिगनल के साथ विभिन्न आवृत्ति सफलतापूर्वक मिश्रित (mix) होती है तथा IF प्रवर्धक एवं फिल्टर के द्वारा पास हो जाती है। उदाहरण—माना हमारे द्वारा उपयोग किये जाने वाले स्पेक्ट्रम विश्लेषक की इन्टरमीडिएट आवृत्ति (intermediate frequency; IF), 200 MHz है तथा इसके लोकल दोलित्र (Lo) की आवृत्ति 200 MHz से 300 MHz तक स्वीप करती है। यदि इनपुट सिगनल की आवृत्ति 25 MHz है तो जब Lo की आवृत्ति 225 MHz होगी तो वह बैण्ड पास फिल्टर के पास होकर डिटेक्टर (detector) के इनपुट पर प्राप्त हो जाएगा। डिटेक्टर के आउटपुट पर सिगनल CRO की Y-प्लेटों पर प्रयुक्त होकर बीम को ऊर्ध्वाधर दिशा में विक्षेपण (vertical deflection) प्रदान करता है। इस प्रकार CRO की स्क्रीन पर इनपुट सिगनल का आवृत्ति-आयाम ग्राफ (frequency-amplitude graph) प्राप्त होता है।



चित्र 3.13 A Simple Block Diagram of a Sweep Tuned Spectrum Analyser

प्रश्न 8. DSO (Digital Storoge Oscilloscope) का Block diagram बनाकर वर्णन कीजिए।

उत्तर डिजिटल स्टोरेज Oscilloscope में waveform की sample किया जाता है तथा sample को ADC द्वारा digitized किया जाता है। Digitized samples को code करके digital memory में store किया जाता है तथा डिस्प्ले करने हेतु Stored samples को memory से बुलाकर reconstruct करके Original waveform डिस्प्ले की जाती है। DSO की अनेक applications हैं; जैसे—आटोसेट, मल्टीचैनल डिस्प्ले, प्री-ट्रिगरिंग तथा पोस्ट ट्रिगरिंग, वेवफार्म प्रोसेसिंग, जूम तथा री-स्टार्ट, बेबी सिटिंग मोड, रोल मोड, डाक्यूमेन्टेशन तथा एनालिसिस इत्यादि।



चित्र 3.14 Block diagram of DSO

4 प्रतिबाधा सेतु तथा Q मीटर
Impedance Bridges and Q Meter

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. किस प्रकार के ब्रिज की Balancing आसान होती है?

उत्तर DC ब्रिज की balancing आसान होती है।

प्रश्न 2. इम्पीडैन्स ब्रिज के द्वारा किसकी गणना की जाती है?

उत्तर इम्पीडैन्स ब्रिज के द्वारा प्रतिरोध, धारिता एवं प्रेरकत्व आवृत्ति की अति शुद्ध गणना की जा सकती है।

प्रश्न 3. सामान्यत: ब्रिज कितने प्रकार के होते हैं?

उत्तर सामान्यत: ब्रिज परिपथ दो प्रकार के होते है—1. DC ब्रिज, 2. AC ब्रिज।

प्रश्न 4. AC ब्रिज के उदाहरण दीजिए।

उत्तर AC ब्रिज के उदाहरण निम्न प्रकार है—1. मैक्सवेल ब्रिज, 2. वेन ब्रिज, 3. हेय (hay) ब्रिज, 4. शियरिंग ब्रिज।

प्रश्न 5. व्हीटस्टोन ब्रिज किस प्रकार का ब्रिज होता है?

उत्तर व्हीटस्टोन ब्रिज एक DC ब्रिज होता है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. साधारण *RLC* सेतु का आरेख दीजिए तथा कार्यविधि समझाइए कि यह प्रयोगशाला में कैसे प्रयोग किया जाता है?

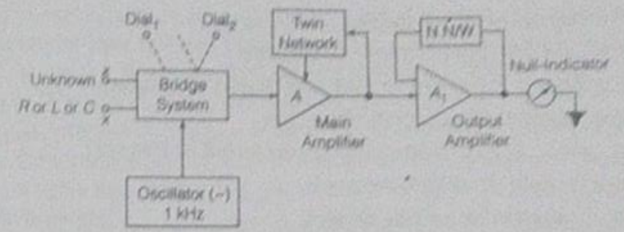
अथवा **RLC सेतु के सिद्धान्त को समझाइए।** (2015)

अथवा **प्रयोगशाला में प्रयुक्त RLC ब्रिज के कार्यसिद्धान्त की व्याख्या कीजिए।**

अथवा **Balancing Type RLC ब्रिज का उल्लेख कीजिए।** (2014)

उत्तर *RLC* ब्रिज को *LCR* ब्रिज या सार्विक प्रेरकत्व ब्रिज (universal impedance bridge) भी कहते है। *RLC* ब्रिज का उपयोग प्रतिरोध (resistance; *R*), प्रेरकत्व (inductance; *L*) तथा धारिता (capacitance; *C*) मापन के लिए किया जाता है। यह बैलेंन्सिग प्रकार (balancing) अथवा डिजिटल प्रकार का होता है। *RLC* ब्रिज के एक सरल ब्लॉक आरेख को चित्र 4.1 में प्रदर्शित किया गया है।

RLC ब्रिज में घटक (component), जिसका *R*, *L* अथवा *C* ज्ञात करना हो, को संयोजित करने के लिए, ब्रिज के पैनल पर दो टर्मिनल लगे रहते हैं। अज्ञात कम्पोनैन्ट (*R* अथवा *L* अथवा *C*) को इन दो टर्मिनलों के मध्य संयोजित करके, ब्रिज को ब्रिज पर लगे डायलों द्वारा सन्तुलित किया जाता है। सन्तुलन की अवस्था, ब्रिज में प्रयुक्त एक शून्य-संकेतक (null indicator) द्वारा प्रदर्शित होती है। शून्य इन्डीकेटर के रूप में एक हैडफोन, ट्यूनिंग इन्डीकेटर अथवा कम्पन गैल्वेनोमीटर हो सकता है।



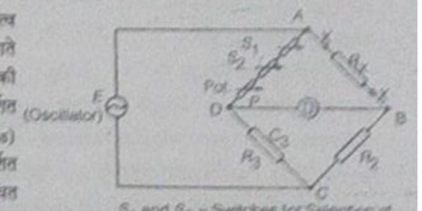
चित्र 4.1 Block Diagram of Balancing RLC Bridge

चित्र 4.1 में प्रदर्शित *RLC* ब्रिज के ब्लॉक-आरेख में प्रयुक्त प्रमुख ब्लॉकों का कार्य निम्न प्रकार से है—

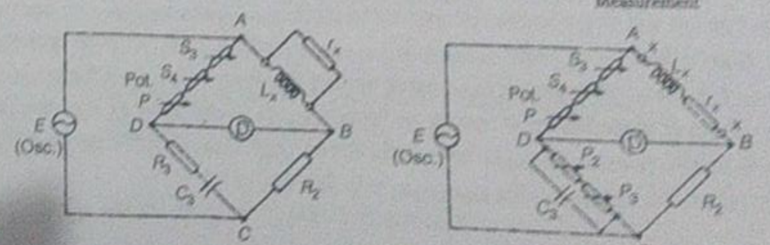
1. **ब्रिज प्रणाली** Bridge System इसमें प्रतिरोध (*R*), प्रेरकत्व (*L*) एवं धारिता (*C*) मापन के लिए अलग-अलग ब्रिज प्रयोग किये जाते हैं। इसी भाग में एक अन्य ब्रिज भी होता है जिसका उपयोग दो समान प्रकार के घटकों (दोनों प्रतिरोध, दोनों प्रेरक अथवा दोनों संधारित्र) के मानों की तुलना के लिए किया जाता है। इस उपकरण के फ्रन्ट पैनल पर स्थित स्विचों द्वारा इन विभिन्न प्रकार के ब्रिजों में से आवश्यक ब्रिज का चयन (selection) किया जाता है। इन स्विचों में से प्रत्येक, विशेष घटक को ब्रिज की किसी भुजा के साथ संयोजित (connect) अथवा/और विच्छेदित (disconnect) करता है। Detector तथा पोटैन्शियोमीटर द्वारा प्राप्त सन्तुलन अवस्था का पाठ्यांक अज्ञात घटक का मान प्रदर्शित करता है। एक *RLC* ब्रिज में *R*, *L* एवं *C* के मापन के लिए, अग्रलिखित पाँच प्रकार के ब्रिज होते है—

(i) **ब्रिज द्वारा प्रतिरोध** (Resistance; *R*) **का मापन** *RLC* ब्रिज में प्रतिरोध मापन के लिए सामान्यत: व्हीटस्टोन (Wheatstone) ब्रिज का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के ब्रिज परिपथ को चित्र 4.2 में प्रदर्शित किया गया है। अज्ञात प्रतिरोध, R_x, को ब्रिज की भुजा *AB* में संयोजित (connect) किया गया है।

(ii) **ब्रिज द्वारा प्रेरकत्व** (Inductance; *L*) **का मापन** प्रेरकत्व मापन के लिए, *RLC* ब्रिज में दो प्रकार के ब्रिज प्रयोग किये जाते हैं। एक ब्रिज, निम्न *Q* अर्थात् अधिकक्षय (lossy) प्रेरक की प्रेरकत्व (L_x) के मापन के लिए, जिसे चित्र 4.3 (a) में प्रदर्शित किया गया है। दूसरा ब्रिज, उच्च *Q* अर्थात् निम्न क्षय (low loss) प्रेरक का प्रेरकत्व मापन के लिए, जिसे चित्र 4.3 (b) में प्रदर्शित किया गया है। चित्र 4.3 में प्रदर्शित दोनों ब्रिज, संशोधित डी-सौटी ब्रिज (modified de-sauty bridge) हैं। इसमें एक स्टैण्डर्ड संधारित्र C_3 को संयोजित किया गया है। इसमें S_3 एवं S_4 डिकेट स्विच हैं तथा *P*-बैलेंन्सिग पोटैन्शियोमीटर है।



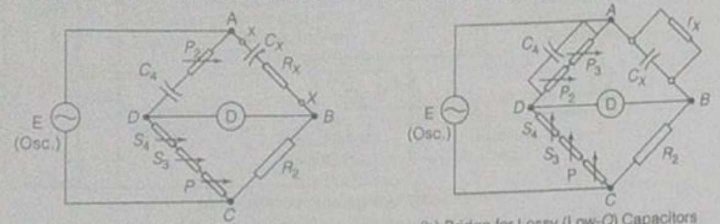
चित्र 4.2 Wheatstone Bridge for Resistance Measurement



(a) Bridge for Lossy (Low Q) Inductors (b) Bridge for High-Q Inductors

चित्र 4.3 Bridges for Measuring Inductance of Low and High-Q Inductors

(iii) ब्रिज द्वारा धारिता (Capacitance; C) **का मापन** *RLC* ब्रिज में संधारित्र की धारिता मापन के लिए सामान्यत: दो प्रकार के ब्रिज प्रयोग किये जाते है। एक ब्रिज, उच्च *Q* वाले संधारित्रों की धारिता मापन के लिए, जिसे चित्र 4.4 (a) में प्रदर्शित किया गया है, जबकि निम्न *Q* (अधिक क्षय, lossy) संधारित्र की धारिता के मापन के लिए चित्र 4.4 (b) में प्रदर्शित एक अन्य ब्रिज का प्रयोग किया जाता है। चित्र 4.4 में प्रदर्शित दोनों ब्रिज, डी सौटी ब्रिज का संशोधित रूप ही है।



चित्र 4.4 Bridges for Measuring Capacitance of Low and High-Q Capacitors

2. दोलित्र Oscillator *RLC* उपकरण में प्रयुक्त ब्रिज प्रणाली (bridge system) को AC शक्ति-स्रोत प्रदान करने के लिए सामान्यत: एक *RC* दोलित्र, उपकरण में स्थित रहता है। मापी गई मात्रक (*R*, *L* अथवा *C*) का मापन, शुद्ध प्राप्त हो इसके लिए दोलित्र द्वारा उत्पन्न विभव तरंग में दोलनों का आयाम तथा आवृत्ति स्थिर होनी चाहिए। सामान्यत: *RLC* ब्रिज में स्थित दोलित्र की आवृत्ति 1 kHz रहती है परन्तु यह अन्य आवृत्ति पर मापन भी हो सकता है। दोलित्र एवं प्रयुक्त ब्रिज के मध्य प्रतिबाधा मैचिंग (impedance matching) के लिए, दोनों के मध्य एकं अतिरिक्त प्रतिरोध नेटवर्क प्रयुक्त किया जाता है जो कि ब्रिज प्रणाली को चयन करने के लिए स्विचिंग के समय, प्रयुक्त ब्रिज के परिपथ में स्वत: संयोजित हो जाते है।

3. मुख्य प्रवर्धक Main Amplifier इसमें प्रयुक्त सक्रिय युक्ति (active device), सामान्यत: op-amp. होती है जिसको एक ट्विन नेटवर्क (twin network) द्वारा ऋणात्मक पुन: निविष्ट (negative feedback) प्रदान की जाती है। यह नेटवर्क एक निश्चित आवृत्ति के एक अति संकीर्ण बैण्ड (very narrow band of frequency) के सिगनलों को अपने में से पास होने देते हैं, अत: मुख्य प्रवर्धक इस बैण्ड के लिए अत्यन्त संवेदी (sensitive) होता है।

4. आउटपुट प्रवर्धक Output Amplifier जैसा कि चित्र 4.1 द्वारा स्पष्ट है कि *RLC* ब्रिज की आउटपुट स्टेज में एक प्रवर्धक स्थित रहता है। प्रवर्धक के आउटपुट पर दोलनों के आयाम (amplitude) में स्थिरता प्राप्त करने के लिए, प्रवर्धक के इनपुट पर ऋणात्मक पुन: निविष्ट प्रयुक्त किया जाता है। इस प्रवर्धक की आउटपुट से ही शून्य-संकेतक (null indicator/detector) को सिगनल प्रदान किया जाता है।

ब्रिज की सन्तुलन अवस्था में (अर्थात् जबकि डिटेक्टर में विक्षेप (deflection), शून्य अर्थात् नगण्य होता है), *RLC* के फ्रन्ट पैनल में स्थित डायलों से मापित मात्रक का पाठ्यांक (reading) पढ़ लिया जाता है।

प्रश्न 2. डिजिटल *RLC* सेतु का सिद्धान्त समझाइए। आंकिक एवं साधारण *RLC* सेतुओं में क्या अन्तर है? (2011)

अथवा **डिजिटल *RLC* सेतु का कार्य सिद्धान्त समझाइए।**

अथवा **अंकीय *RLC* Bridge के सिद्धान्त की कथन सहित व्याख्या कीजिए।** (2016)

अथवा **डिजिटल *RLC* सेतु पर टिप्पणी लिखिए।**

उत्तर **डिजिटल** *RLC* **ब्रिज** Digital *RLC* Bridge जब एक *RLC* ब्रिज में डिटेक्टर के रूप में, एक डिजिटल वोल्टमीटर में प्रयोग किया जाता है तो उसे डिजिटल *RLC* ब्रिज कहते है। गैल्वेनोमीटरों एवं हैड फोनों की अपेक्षा डिजिटल वोल्टमीटर अधिक यथार्थता (accuracy) से विभव का मापन कर सकता है। अत: डिजिटल *RLC* द्वारा मापित

मात्रक का मान अधिक शुद्ध प्राप्त होता है। ब्रिज का अन्य कार्यकारी सिद्धान्त (working principle) सामान्य *RLC* ब्रिज की भाँति ही होता है।

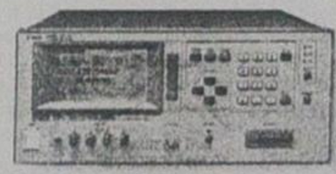
डिजिटल *RLC* ब्रिज का विवरण निम्न प्रकार है—

➢ **Variable Measured**	*R*, *L*, *C* and *D*
➢ **Measured Frequency**	100 Hz and 1 kHz
➢ **Display**	$3\frac{1}{2}$ Digits
➢ **Measurement Ranges**	
Resistance (*R*)	0.0 Ω to 20 MΩ with Resolution 0.1Ω
Inductance (*L*)	0.0 μH to 2000 H
Capacitance (*C*)	0.0 pF to 2000 μF with Resolution 0.1 pF
Dissipation Factor (*D*)	0.01 to 9.0 with 0.5 Accuracy

R, *L*, व *C* को measure करने हेतु ब्रिज सर्किट का Use किया जाता है। ब्रिज सर्किट के एक arm में unknown element को रखा जाता है तथा अन्य arm में standard element को vary करके ब्रिज को बैलेंस किया जाता है। यूनिवर्सल ब्रिज में एक, AC स्रोत (ब्रिज को energize करने हेतु), एक स्विचिंग व्यवस्था (उचित रेन्ज का सैलेक्शन करने हेतु), एक डिटेक्टर (null detection हेतु) तथा एक डिसप्ले डिवाइस (माप की गई राशि का मान डिसप्ले करने हेतु) होना चाहिए।

डिजिटल *RLC* ब्रिज की कार्यविधि डिजिटल *RLC* ब्रिज इंडक्टेंस, कैपेसिटेंस, रैसिस्टेंस, कन्डक्टेंस तथा डिसिपेशन फैक्टर measure कर सकते हैं। वांछित सैलेक्शन करने हेतु पुश बटन use किया जाता है (चित्र 4.5)। सुविधा के लिए रेन्ज स्विच को auto position पर सैट कर दिया जाता है। लेकिन यदि similar measurement करने है, तो उचित range भी सैलेक्ट की जा सकती है। numerical value $3\frac{1}{2}$ digit डिसप्ले पर indicate हो जाती है, जबकि multiplier व measured quantity LEd lamps द्वारा indicate की जाती है।

इसमें चार टर्मिनल provided होते हैं (current व potential) किन्तु each pair of current and voltage terminal can be joined by spring clips called Kelvin clips तथा guard ring measurement हेतु ground terminal होता है। अत: इस इंस्ट्रूमेन्ट के पास पाँच टर्मिनल मापन क्षमता होती है।



चित्र 4.5 डिजिटल RLC ब्रिज

D फैक्टर मापन हेतु *D* बटन को press and hold करके रखा जाता है। (*L* and *C* still selected) : digital *RLC* ब्रिज measured quantity का equivalent circuit (parallel *RC*, series *RL* etc.) भी Display करता है। *RLC* auto mode में dominating component measure किया जाता है।

प्रश्न 3. *RLC* ब्रिज की विभिन्न धारणाओं को बताइए। (2011)

उत्तर A.C. **परिपथों में निष्क्रिय घटक** Passive Components प्रतिरोधक (resistors), प्रेरक (inductors) एवं संधारित्र (capacitors) प्रयोग किये जाते हैं जिनका क्रमश: प्रतिरोध (resistance; *R*), प्रेरकत्व (inductance; *L*) एवं धारिता (capacitance; *C*) का मापन करने की आवश्यकता पड़ती है। प्रतिरोध मापन के लिए तो D.C./A.C. ब्रिज का

Scanned with CamScanner

प्रयोग किया जा सकता है परन्तु किसी घटक/परिपथ का प्रेरकत्व अथवा/और धारिता मापन के लिए किसी A.C. ब्रिज का ही प्रयोग करना पड़ता है।

प्रतिरोध (R) मापन के लिए प्रमुख D.C. ब्रिज निम्नलिखित है—

(i) व्हीटस्टोन ब्रिज (Wheatstone bridge)

(ii) केल्विन ब्रिज (Kelvin bridge)

घटकों का प्रेरकत्व (प्रेरण, L) मापन के लिए प्रमुख A.C. ब्रिज निम्नलिखित है—

(i) मैक्सवेल ब्रिज (Maxwell bridge)

(ii) एण्डरसन ब्रिज (Anderson bridge)

(iii) हेय ब्रिज (Hay bridge)

इसी प्रकार, घटकों की **धारिता** (C) मापन के लिए प्रमुख A.C. ब्रिज निम्नलिखित है—

(i) शियरिंग ब्रिज (Schering bridge)

(ii) वीन ब्रिज (Wein bridge)

R, L एवं C का एक ही A.C. ब्रिज द्वारा मापन किया जा सकता है जिसे RLC ब्रिज कहते हैं। इसके अतिरिक्त, घटक का गुणवत्ता गुणक अथवा संचय गुणक (quality factor or storage factor), Q मापन की आवश्यकता होती है जिसे Q मीटर द्वारा मापा जाता है। किसी घटक (component) के स्टोरेज फैक्टर को निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$Q = \frac{X_L \text{ (Inductive Reactance) in Ohms}}{R \text{ (Resistance) in Ohms}}$$

अर्थात्
$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

जहाँ, f_0 = घटक/परिपथ की अनुनाद आवृत्ति (resonance frequency), Hz में है।

एक विशेष RLC ब्रिज के स्पेसिफिकेशन्स निम्न प्रकार से है—

➤ **Variable Measured**	R, L, C, Q and D
➤ **Measuring Frequency**	100 Hz – 1 kHz
➤ **Accuracy**	0.2%
➤ **Power Output**	7 watt for unknown component
➤ **Detector Sensitivity**	Higher
➤ **Variable Capacitor Standard Value**	(1 pF to 100 μF)
➤ **Inductors**	0.2 μH to 110 Henry in 8 Ranges
➤ **Resistances**	Standard Value 10 MΩ to 11 MΩ
➤ **Measurement Ranges**	
Resistance (R)	0.001 Ω to 100 MΩ
Inductance (L)	0.1 μH to 9999 μH
Capacitance (C)	0.1 μF to 9999 μF
Storage Factor (Q)	0.1 to 99
Dissipation Factor (D)	0.001 to 99

प्रश्न 4. Q मीटर के परिपथ एवं कार्यविधि का वर्णन कीजिए।

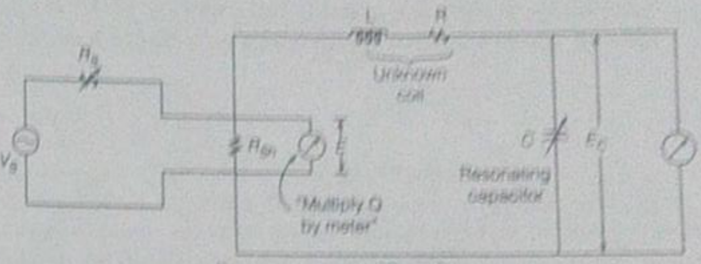
अथवा **Q मीटर पर टिप्पणी लिखिए।** (2012)

अथवा **Q मीटर का चित्र दीजिए तथा कार्यविधि समझाइए।** (2017)

अथवा **Q मीटर के कार्यकारी सिद्धान्त को समझाइए।**

उत्तर Q मीटर Q-meter ऐसे इंडक्टर, कैपेसिटर या रेजिस्टर जिनको radio आवृत्तियों पर ऑपरेट किया जाता है, lower आवृत्तियों पर संतोषजनक रूप से measure नहीं किये जा सकते। इनके measurement हेतु अनुनाद विधियों (resonance methods) को use किया जाता है जिसमें known component को उसकी normal operating आवृत्ति पर (या उसके आसपास) टेस्ट किया जाता है।

Q मीटर कुण्डली के Q फैक्टर का मापन करता है तथा रेडियो आवृत्तियों पर इंडक्टेंस, कैपेसिटेंस व रेसिस्टेंस का मापन करता है।



चित्र 4.6 Q-meter का बेसिक परिपथ

Q मीटर का बेसिक परिपथ चित्र 4.6 में प्रदर्शित है। इसमें एक variable calibrated capacitor है, एक variable frequency A.C. source है, तथा वह coil है जिसका मापन/निरीक्षण (measurement or investigation) किया जाना है। वोल्टमीटर्स का प्रयोग करके कैपेसिटर वोल्टेज E_C तथा source voltage E को मापा जाता है। source को वांछित measuring आवृत्ति पर सैट किया जाता है, तथा इसकी वोल्टेज एक नियत मान पर सैट कर दी जाती है। कैपेसिटर C को adjust करके रैसोनैंस उत्पन्न किया जाता है। रैसोनैंस तब होगा, जब C के एक्रॉस वोल्टेज अधिकतम होगा।

सर्किट की प्रतिबाधा
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

रैसोनेंस पर
$$X_C = X_L$$

अतः
$$E_C = E_L$$

अतः
$$Z = R$$
$$i = \frac{E}{R}$$

चूँकि
$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega CR} = \frac{i\omega L}{iR} \quad \text{या} \quad Q = \frac{E_L}{E} = \frac{E_C}{E}$$

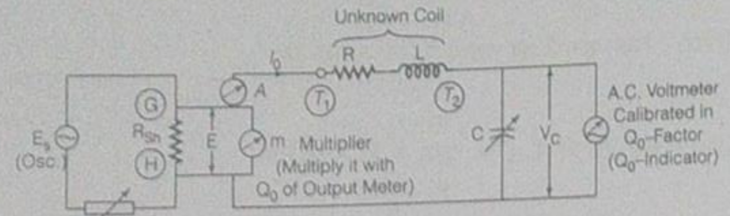
अतः
$$Q = \frac{E_C}{E}$$

अतः यदि
$$E = 1\,V, \quad Q = E_C$$

Q मीटर द्वारा किसी अज्ञात घटक (L अथवा C) के Q फैक्टर मान को ज्ञात करने की निम्न तीन विधियाँ है, जोकि घटक को परिपथ में संयोजित करने के प्रकार पर आधारित है—

1. सीधे संयोजन विधि (Direct Connection Method) 2. श्रेणी संयोजन विधि (Series Connection Method)
3. समानान्तर संयोजन विधि (Parallel Connection Method)

1. सीधे संयोजन विधि Direct Connection Method मीडियम रेन्ज वाले इंडक्टैंस (लगभग 100 mH तक के) के मापन हेतु यह विधि उपयुक्त रहती है। इस विधि के लिए परिपथ चित्र 4.7 में दिखाया गया है, जिसमें एक शंट प्रतिरोध (shunt resistance), R_{sh} संयोजित किया गया है जिसका प्रतिरोध मान mΩ रेन्ज में होता है। R_{sh} का typical मान 0.02 Ω(=20 mΩ) है। इस शंट प्रतिरोध (R_{sh}) में, एक बड़ी आवृत्ति रेन्ज के दोलित्र जिसकी आवृत्ति रेन्ज सामान्यतः 25 kHz से 50 MHz तक होती है, से धारा प्रवाहित की जाती है। चूँकि यह शंट प्रतिरोध (R_{sh}), R-L-C श्रेणी परिपथ में लगभग शून्य (नगण्य) प्रतिरोध प्रवेश (introduce) करता है, अतः यह R_{sh} एक ऐसे विभव स्रोत का कार्य करता है जिसकी वोल्टता, E Volt तथा आन्तरिक प्रतिरोध का मान अत्यन्त निम्न (लगभग नगण्य) हो। इस शंट प्रतिरोध (R_{sh}) के एक्रॉस विभवपात (E) को सामान्यतः एक थर्मोकपल प्रकार के वोल्टमीटर द्वारा मापा जाता है। यदि इस थर्मोकपल वोल्टमीटर के डायल पर, 1/E मानों में अंकित करें तो इसका पाठ्यांक, Q मीटर का गुणक (multiplier; m) होता है। इस परिपथ के आउटपुट पर संयोजित परिवर्ती संधारित्र (C) के एक्रॉस विभव सामान्यतः एक डिजिटल वोल्टमीटर द्वारा मापी जाती है तथा इस वोल्टमीटर का स्केल सीधे Q फैक्टर के पदों में अंशांकित (calibrated) रहता है।



R_{Sh} = Shunt Resistance (Typical Value 0.02Ω)
I_s = Max. Current at the Resonance Position of the Circuit i.e., $X_L = X_C$ (Position)
Q of Circuit = $V_C/E = Q_0/E = mQ_0$
m = Multiplier = 1/E
m = A Thermocouple Voltmeter

चित्र 4.7 Q मापन की Direct Connection विधि

जिस प्रेरक/कुण्डली के Q फैक्टर का मापन करना हो, उसे Q मीटर (चित्र 4.7) के T_1 एवं T_2 टर्मिनलों के मध्य संयोजित किया जाता है। अब दोलित्र (oscillator) की आवृत्ति (f) में परिवर्तन कर अथवा अनुनादी/ट्यूनिंग संधारित्र (tuning capacitor; C) को परिवर्तित कर अथवा f एवं C दोनों को समायोजित (adjust) कर, परिपथ की अनुनाद अवस्था प्राप्त की जाती है। परिपथ की अनुनाद अवस्था में परिपथ में अधिकतम धारा (I_0) प्रवाहित होती है, अतः एक A.C. ऐम्पियर मीटर (A) को परिपथ में प्रयुक्त कर, परिपथ की अनुनाद अवस्था प्राप्त की जा सकती है। परन्तु इस एम्पीयर मीटर के आन्तरिक प्रतिरोध का मान लगभग शून्य (नगण्य) होना चाहिए जिससे कुण्डली के Q मापन पर, एम्पीयर मीटर के प्रतिरोध का नगण्य (negligible) प्रभाव पड़े। आउटपुट वोल्टमीटर द्वारा प्रदर्शित Q_0 पाठ्यांक को Q मीटर के गुणक 'm' से गुणा कर ($Q = Q_0\, m$), प्रेरक का वास्तविक Q फैक्टर ज्ञात किया जाता है। चित्र 4.7 में परिपथ की अनुनाद स्थिति में अनुनादी आवृत्ति (f_0) तथा ट्यूनिंग संधारित्र (tuning capacitor) की धारिता (C) का मान ज्ञात होने पर, कुण्डली का प्रेरकत्व/प्रेरण (inductance; L) निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है—

चूँकि परिपथ की अनुनाद अवस्था में, $X_L = X_C$ होता है

अतः
$$2\pi f_0 L = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

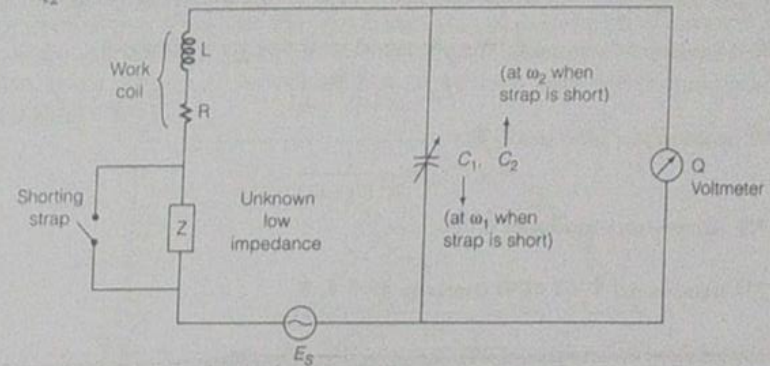
अर्थात्
$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C}$$

Q मीटर द्वारा मापित मान, Q_{mean} वास्तव में पूर्ण परिपथ का Q फैक्टर है क्योंकि प्रेरक का आन्तरिक प्रतिरोध (R) के साथ परिपथ में स्थित अन्य प्रतिरोधों [जैसे कि शंट प्रतिरोध (R_{sh}), ऐम्पीयर मीटर का प्रतिरोध, वोल्टमीटर का प्रभावी प्रतिरोध, ट्यूनिंग संधारित्र तथा संयोजक तारों का संयुक्त प्रतिरोध] में पावर क्षय सम्मिलित है। अतः मापित Q_{mean} का मान $Q_{mean} = \frac{X_L}{R_{Circuit}} = \frac{X_L}{R + R_{sh} + \text{Other Resistances}}$ जबकि वास्तविक मान $Q_{true} = \frac{X_L}{R}$ है। अतः Q_{true} मान Q मीटर द्वारा उसके मापित मान, Q_{mean} से सदैव अधिक ($Q_{true} > Q_{mean}$) होता है।

2. **श्रेणी संयोजन विधि** Series Connection Method कम value के impedance वाले components (जैसे low value resistance, small coils तथा large capacitors) के मापन हेतु इनको measuring circuit के series में लगाया जाता है (चित्र 4.8)। जिस component का measurement किया जाता है, उसको एक stable work coil के series में रखा जाता है। इस विधि के अन्तर्गत निम्न दो measurement किये जाते हैं

(i) पहले measurement में unknown impedance को shorting strap द्वारा (जोकि unknown impedance में parallel लगा है) short circuit कर देते हैं। circuit को resonate किया जाता है तथा C_1 व Q_1 को नोट किया जाता है (माना आवृत्ति ω_1 पर)।

(ii) अब shorting strap को हटाकर Circuit को पुनः resonate किया जाता है। जाहिर है कि अब सर्किट C की एक नयी value पर resonate होगा (माना आवृत्ति ω_2 पर), जिसे C_2 नोट किया जाता है। Corresponding Q_2 को भी नोट किया जाता है।



चित्र 4.8 Q मापन की Series Connection विधि

अब unknown impedance की value निम्नवत् calculate की जाती है—

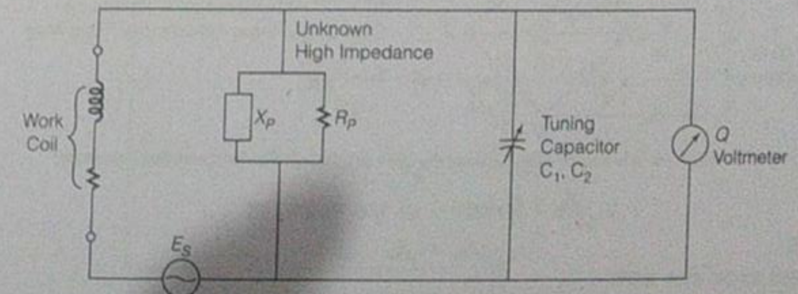
(i) यदि unknown pure resistance (माना R_x) है तो shorting strap हटाने से resonance प्रभावित नहीं होगा। (अतः $C_2 = C_1 = C$) लेकिन Strap हटाने से Q का मान reduce हो जायेगा अर्थात् $Q_2 < Q_1$ इस स्थिति में unknown resistance निम्न सूत्र द्वारा calculate किया जाता है—
$$R_x = \frac{Q_1 - Q_2}{\omega C\, Q_1\, Q_2} \quad \text{...(i)}$$

(ii) यदि Unknown Pure Inductance है, तो
$$L_x = \frac{C_1 - C_2}{\omega^2 C_1\, C_2} \quad \text{...(ii)}$$

(iii) यदि Unknwon Pure Capacitance है, तो
$$C_x = \frac{C_1\, C_2}{C_2 - C_1} \quad \text{...(iii)}$$

(iv) यदि Unknown Coil है जिसका Q_x Measure करना है तो
$$Q_x = \frac{(C_1 - C_2)Q_1 Q_2}{C_1 Q_1 - C_2 Q_2} \quad \text{...(iv)}$$

3. **समानान्तर संयोजन विधि** Parallel Connection Method उच्च मान के इंडक्टैंस (100 mH से अधिक), कम मान के कैपेसिटैंस (500 pF से कम) व उच्च मान के प्रतिरोधों का मापन इन components को capacitor टर्मिनल



चित्र 4.9 Q-मापन की Parallel Connection विधि

Scanned with CamScanner

के parallel में लगाकर किया जाता है (चित्र 4.9)। Unknown को कनैक्ट करने से पहले सर्किट को work coil द्वारा resonate किया जाता है (माना ω_1 पर)। resonance पर C_1 तथा Q_1 नोट किये जाते हैं। अब unknown को connect कर पुनः resonance स्थापित किया जाता है (माना ω_2 पर) तथा C_2 और Q_2 नोट किये जाते हैं।

(i) यदि unknown pure resistance है, तो R_p के मान की गणना निम्न सूत्र से की जाती है

$$R_p = \frac{Q_1 Q_2}{\omega C_1 (Q_1 - Q_2)} \quad ...(v)$$

(ii) यदि unknown pure inductance है, तो

$$L_p = \frac{1}{\omega^2 (C_2 - C_1)} \quad ...(vi)$$

(iii) यदि unknown pure capacitance है, तो

$$C_p = C_1 - C_2 \quad ...(vii)$$

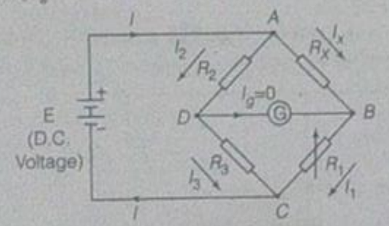
(iv) यदि unknown coil है तथा उसका Q measure करना है, तो

$$Q_p = \frac{(C_1 - C_2) Q_1 Q_2}{C_1 (Q_1 - Q_2)} \quad ...(viii)$$

प्रश्न 5. व्हीटस्टोन ब्रिज तथा केल्विन ब्रिज की कार्यविधियों की तुलना कीजिए।
अथवा **केल्विन ब्रिज का संक्षेप में वर्णन कीजिए।** (2014, 16)
अथवा **केल्विन ब्रिज का आरेख व कार्यविधि लिखिए।** (2016)
अथवा **Wheatstone Bridge का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिए।** (2018)

उत्तर **व्हीटस्टोन ब्रिज** Wheatstone Bridge इसके परिपथ को चित्र 4.10 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें एक गैल्वेनोमीटर (galvanometer) को शून्य डिटेक्टर (null detector) की भाँति प्रयोग किया गया है। गैल्वेनोमीटर के स्थान पर संवेदी धारामापी (sensitive current meter) को भी शून्य डिटेक्टर की भाँति प्रयोग कर सकते हैं। इस ब्रिज में, जिस घटक/परिपथ का प्रतिरोध मापन करना है उसे ब्रिज की AB भुजा में, एक परिवर्ती प्रतिरोध, जिसका ब्रिज सन्तुलन (bridge balance) अवस्था में पढ़ा गया प्रतिरोध, R_1 (माना) है, को BC भुजा में तथा दो अन्य प्रतिरोध R_2 एवं R_3 (जिनका प्रतिरोध मान ज्ञात है) को क्रमशः AD भुजा एवं DC भुजा में संयोजित किया गया है। माना अज्ञात प्रतिरोध का मान, R_x है।

गैल्वेनोमीटर में धारा (I_g) का मान, बिन्दु C एवं D के मध्य विभवान्तर (potential or voltage difference) पर निर्भर करता है। जब गैल्वेनोमीटर के सिरों के मध्य, विभव शून्य होता है तो गैल्वेनोमीटर में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती है अर्थात् $I_g = 0$ होती है। यह स्थिति तभी उत्पन्न होती है, जबकि निम्न शर्त पूर्ण होती हो



R_x = Unknown Resistance (Standard Arm)
R_1 = Variable Known Resistance
R_2 and R_3 = Known Resistances (Ratio Arm)
$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3}$

चित्र 4.10 Wheatstone Bridge (Generally Used as a D.C. Bridge for Measuring Resistance)

$$AB \text{ भुजा में विभवपात} = AD \text{ भुजा में विभवपात}$$

अर्थात्
$$I_x R_x = I_2 R_2 \quad ...(i)$$

यह तभी सम्भव होगा जबकि

$$BC \text{ भुजा में विभवपात} = DC \text{ भुजा में विभवपात}$$

अर्थात्
$$I_1 R_1 = I_3 R_3 \quad ...(ii)$$

जब गैल्वेनोमीटर में विक्षेप शून्य है तब धाराओं में निम्न सम्बन्ध होता है

$$I_x = I_1 \quad ...(iii)$$

तथा
$$I_2 = I_3 \quad ...(iv)$$

समीकरण (iii) से समीकरण (i) में, I_x का मान I_1 के पद में रखने पर,

$$R_x = \frac{I_2}{I_1} R_2 \quad ...(v)$$

समीकरण (ii) में समीकरण (iv) के अनुसार, I_3 के स्थान पर I_2 लिखने पर,

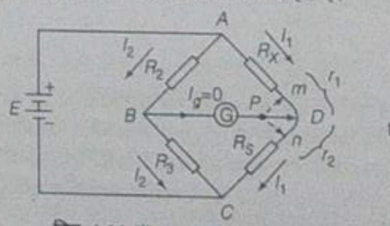
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_3} \quad ...(vi)$$

समीकरण (v) से समीकरण (iv) में I_2/I_1 का मान रखने पर,

$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3} \quad ...(vii)$$

प्रतिरोध R_1 को **मानक भुजा** (standard arm) तथा R_2 एवं R_3 को अनुपात भुजाएँ (ratio arms) कहते हैं। परिवर्ती प्रतिरोध R_1 के वाइपर (Wiper) को ऐसी स्थिति में समंजित (adjust) करते हैं कि गैल्वेनोमीटर में धारा का प्रवाह शून्य ($I_g = 0$) हो। अब R_1 के मान को परिवर्ती प्रतिरोध के फ्रन्ट पैनल से पढ़कर, R_1 के इस मान तथा R_2 एवं R_3 के मान को समीकरण (vii) में रखकर, अज्ञात (unknown) प्रतिरोध, R_x का मान, गणना द्वारा प्राप्त कर लेते हैं।

केल्विन ब्रिज Kelvin Bridge केल्विन ब्रिज, वास्तव में व्हीटस्टोन ब्रिज का संशोधित (modified) रूप है। इस ब्रिज द्वारा कम मान के प्रतिरोधों (जैसे कि 10 μΩ से 1 Ω तक के प्रतिरोध) के मान को शुद्धता से ज्ञात किया जा सकता है। केल्विन ब्रिज के सिद्धान्त को समझने के लिए, एक परिपथ को चित्र 4.11 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें R_x अज्ञात मान का प्रतिरोध है जिसके प्रतिरोध का मान ज्ञात करना है तथा R_s एक मानक प्रतिरोध (standard resistance) होता है। इसमें स्लाइड (slide) प्रतिरोध, $r (= r_1 + r_2)$ अति कम मान का होता है क्योंकि R_x एवं R_s प्रतिरोधों को संयोजित करने वाली तार के समान्तर में संयोजित होने के कारण तथा तार के वास्तविक प्रतिरोध से r-प्रतिरोध का मान अति कम होने के कारण, m एवं n बिन्दुओं के मध्य प्रतिरोध का मान लगभग 'r' ही होता है। इसलिए 'r' (अर्थात् $r = r_1 + r_2$) को लीड-प्रतिरोध को प्रदर्शित करने वाला प्रतिरोध भी कहते हैं।



$\frac{R_2}{R_3} = \frac{R_{mD}}{R_{nD}} = \frac{r_1}{r_2}$

then, $R_X = R_S \frac{R_2}{R_3}$

R_S = Standard Resistance

चित्र 4.11 Illustration of the Principle of Kelvin Bridge (Can say Modified Wheatstone Bridge), Used for Measuring Low Value Resistances

समीकरण $R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3}$ के अनुसार, चित्र 4.11 में प्रदर्शित ब्रिज के लिए, अज्ञात प्रतिरोध, R_x का मान निम्न समीकरण द्वारा ज्ञात कर सकते है—

$$R_x = (R_s + r_2) \frac{R_2}{R_3} - r_1 \quad ...(i)$$

यदि गैल्वेनोमीटर को m एवं n बिन्दुओं के मध्य, स्लाइड तार में किसी D बिन्दु से इस प्रकार संयोजित किया जाए कि m से D तक प्रतिरोध (r_1) तथा D से n तक प्रतिरोध (r_2) का अनुपात (r_1/r_2) का मान, R_2 एवं R_3 के अनुपात (R_2/R_3) के बराबर हो तथा ब्रिज भी सन्तुलन (balance) की अवस्था में हो, तो

Scanned with CamScanner

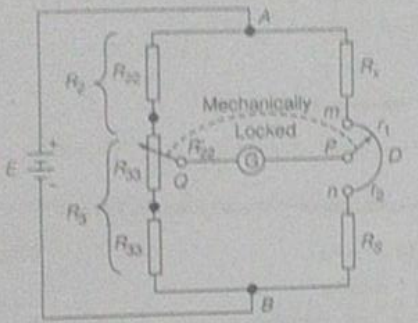
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{R_2}{R_3} \quad ...(ii)$$

इससे r_1 का मान समीकरण $R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3}$ में रखने पर,

$$R_x = (R_S + r_1)\frac{R_2}{R_3} - r_2\frac{R_2}{R_3}$$

अतः

$$R_x = R_S \frac{R_2}{R_3} \quad ...(iii)$$



Note : Actually Wipers (P and Q) of Variable Resistance move simultaneously in such a way.

$$\frac{R_{22} + R_{22}}{R_{33} + R_{33}} = \frac{r_1}{r_2}$$

i.e., $\frac{R_2}{R_3} = \frac{r_1}{r_2}$

$$R_x = R_s \frac{R_2}{R_3}$$

चित्र 4.12 Actual Circuit of Kelvin Bridge

यह समीकरण, व्हीटस्टोन ब्रिज के सन्तुलन की समीकरण के समान ही है तथा यह समीकरण प्रदर्शित करता है कि बिन्दु m से n तक संयोजित लीड (lead) के प्रतिरोध के प्रभाव को गैल्वेनोमीटर को sliding wire के बिन्दु D से संयोजित कर, समाप्त कर दिया गया है।

केल्विन ब्रिज में R_2/R_3 अनुपात को r_1/r_2 अनुपात के बराबर बनाये रखने के लिए, R_2 एवं R_3 प्रतिरोधों के मध्य भी परिवर्ती प्रतिरोध का उपयोग किया जाता है, जैसा कि चित्र 4.12 में प्रदर्शित किया गया है। ब्रिज में Wipers-B एवं P परस्पर इस प्रकार यांत्रिक रूप से सम्बन्धित रहते हैं कि ब्रिज की सन्तुलन अवस्था प्राप्त करने के लिए, प्रतिरोधों में परिवर्तन करते समय, सदैव निम्न नियम सम्बन्ध बना रहे—

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{r_1}{r_2}$$

प्रश्न 6. D.C. तथा A.C. सेतुओं की तुलना कीजिए। (2017)

उत्तर

D.C. तथा A.C. ब्रिजों की तुलना

क्र०सं०	डी०सी० सेतु (D.C. Bridge)	ए०सी० सेतु (A.C. Bridge)
1.	पावर स्रोत D.C. source होता है।	पावर स्रोत A.C. स्रोत (oscillator या line supply) होता है।
2.	Null detector के रूप में galvanometer use किया जाता है।	Null detector के रूप में Headphone, A.C. amplifier with an output meter या electron ray tube (turning eye) indicator use किया जाता है।
3.	Balance condition में केवल opposite arms के मध्य resistances के मान के product equal होने चाहिए।	Balancing Condition में opposite arms के impedance के magnitude के product equal होने के साथ-साथ phase angle के sum भी equal होने चाहिए।
4.	Balancing easy होती है।	Balancing मुश्किल होती है।
5.	प्रतिरोध मापन हेतु प्रयुक्त होता है।	Capacitance, Inductance तथा frequency मापन हेतु प्रयुक्त होता है।

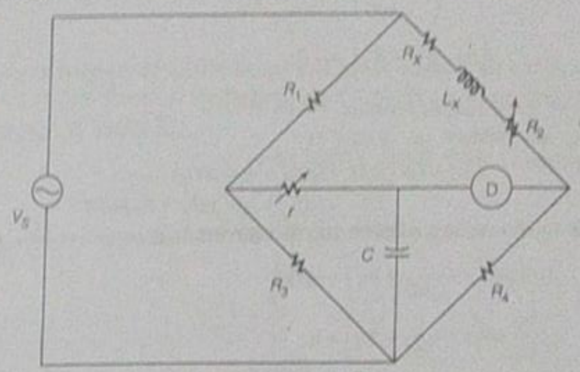
(2013)

प्रश्न 7. एण्डरसन ब्रिज का व्यंजक निकालिए। (2016)

अथवा एण्डरसन सेतु पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर एण्डरसन ब्रिज Maxwell ब्रिज की modified form है, तथा इसके द्वारा एक standard capacitance की terms में self inductance का मापन किया जाता है।

चित्र 4.13 में एण्डरसन ब्रिज प्रदर्शित है। इसमें L_x इण्डक्टर का self inductance व R_x उसका resistance है। यह ब्रिज अन्य ब्रिज परिपथों की तुलना में कुछ अलग दिखाई देता है। इसके arm 3 की parallel में एक अन्य ब्रांच लगी है जिसमें variable प्रतिरोध r तथा कैपेसिटर C connected हैं। इस ब्रांच के मध्य से डिटेक्टर को कनेक्ट किया गया है। इस ब्रिज के विश्लेषण हेतु सूत्र $(Z_1Z_4 = Z_2Z_3)$ का प्रयोग नहीं किया जा सकता तथा इसका विश्लेषण basic electricity के नियमों द्वारा ही करना होता है।



चित्र 4.13 एण्डरसन ब्रिज

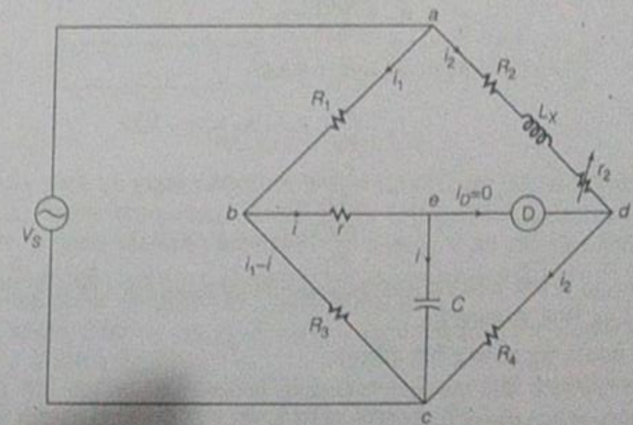
इस ब्रिज के currents चित्र 4.14 में assume किये गये हैं। Balance condition में (अर्थात् detector current zero होने की स्थिति में) कैपेसिटर C व प्रतिरोध R_4 पर voltage drop equal है, इसलिए

$$i\frac{1}{j\omega C} = R_4 i_2$$

या

$$i = i_2 j R_4 \omega C \quad ...(i)$$

चित्र 4.14 के अनुसार balance condition में a से b तथा b से e जायें या फिर a से d जायें, दोनों स्थितियों में पोटेंशियल ड्रॉप same होगा।



चित्र 4.14 सन्तुलित एण्डरसन ब्रिज

अतः $V_{ab} + V_{bc} = V_{ad}$

या $i_1R_1 + ir = i_2(R_2 + r_2 + j\omega L_x)$ ...(ii)

इसी प्रकार यदि b से e होते हुए c तक पहुँचे या b से directly c पहुँचे, तो potential drop same होगा, अर्थात्

$$V_{be} + V_{ec} = V_{bc}$$

या $ir + i\dfrac{1}{j\omega C} = (i_1 - i)R_3$

या $i\left(r + \dfrac{1}{j\omega C}\right) = (i_1 - i)R_3$

या $i\left(r + \dfrac{1}{j\omega C} + R_3\right) = i_1 R_3$ ...(iii)

बस इन तीन equations से हम balance condition निकाल लेंगे।

समीकरण (i) से i का मान समीकरण (ii) में रखने पर,

$$i_1R_1 + i_2R_4 j\omega Cr = i_2(R_2 + r_2 + j\omega L_x)$$

या $i_1R_1 = i_2(R_2 + r_2 + j\omega L_x - R_4 j\omega Cr)$ ...(iv)

इसी प्रकार समीकरण (i) से i का मान समीकरण (iii) में रखने पर,

$$i_2 jR_4\omega C\left(r + \frac{1}{j\omega C} + R_3\right) = i_1R_3$$

या $i_2 j\dfrac{R_4}{R_3}\omega C\left(r + \dfrac{1}{j\omega C} + R_3\right) = i_1$ ...(v)

समीकरण (v) से i_1 का मान समीकरण (iv) में रखने पर,

$$i_2 j\frac{R_4}{R_3}\omega CR_1\left(r + \frac{1}{j\omega C} + R_3\right) = i_2(R_2 + r_2 + j\omega L_x - R_4 j\omega Cr)$$

या $\dfrac{R_4R_1}{R_3} + j\left(\dfrac{R_4}{R_3}\omega CR_1r + R_4R_1\omega C\right) = (R_x + r_2) + j(\omega L_x - R_4\omega Cr)$ ...(vi)

समीकरण (vi) के real व imagining parts को equal करने पर,

$$\frac{R_4R_1}{R_3} = R_x + r_2$$

या $R_x = \dfrac{R_4R_1}{R_3} - r_2$ ...(vii)

तथा $\dfrac{R_4}{R_3}\omega C\, R_1\, r + R_4\, R_1\, \omega C = \omega L_x - R_4\omega Cr$

या $L_x = \dfrac{R_4}{R_3} C\, R_1 r + R_4\, R_1\, C + R_4 Cr$

या $L_x = \dfrac{R_4 C}{R_3}(R_1 r + R_1 R_3 + rR_3)$

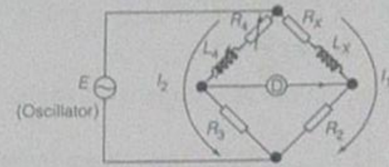
या $L_x = \dfrac{R_4 C}{R_3}[r(R_1 + R_3) + R_1\, R_3]$ ...(viii)

समीकरण (vii) व (viii) से स्पष्ट है कि r व r_2 का adjustment करके balance प्राप्त किया जा सकता है तथा L_x व R_x का measurement किया जा सकता है।

प्रश्न 8. मैक्सवेल प्रेरकत्व सेतु का कता चित्र दीजिए। (2012, 16)

उत्तर मैक्सवेल प्रेरण/प्रेरकत्व ब्रिज Maxwell's Inductance Bridge मैक्सवेल प्रेरण ब्रिज द्वारा किसी अज्ञात प्रेरण/प्रेरकत्व (unknown inductance), L_x का मापन, धारिता के पदों में किया जाता है। मैक्सवेल प्रेरण ब्रिज को चित्र 4.15 में प्रदर्शित किया गया है। इस ब्रिज की भुजाओं में संयोजित घटक (components) अग्र प्रकार से है—

L_x = अज्ञात प्रेरकत्व (Unknown Inductance), Henry (H) में,
R_x = प्रेरक L_x का प्रभावी प्रतिरोध (Effective Resistance of Inductor, L_x), Ohms में,
R_2 एवं R_3 = ज्ञात प्रतिरोध (Known Resistances), Ohms में,
R_4 = परिवर्ती मानक प्रतिरोध (Variable Standard Resistance), Ohms में,
L_4 = परिवर्ती मानक प्रेरकत्व (Variable Standard Inductance), Henry में।



$R_x = \dfrac{R_2}{R_3} R_4$ and $L_x = \dfrac{R_2}{R_3} L_4$

चित्र 4.15 Maxwell's Inductance Bridge

चित्र 4.15 में ब्रिज की सन्तुलन अवस्था में,

$$Z_xZ_3 = Z_2Z_4$$

अतः परिपथ अनुसार

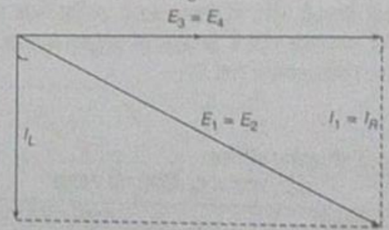
$$(R_x + j\omega L_x) \times R_3 = R_2 \times (R_4 + j\omega L_4)$$

अतः $R_xR_3 + j\omega L_xR_3 = R_2R_4 + j\omega L_4R_2$

उपरोक्त समीकरण में LHS एवं RHS में वास्तविक (real) एवं काल्पनिक (imaginary) राशियों को परस्पर अलग-अलग बराबर रखने पर

$$R_x = \frac{R_2}{R_3}R_4 \quad ...(i)$$

तथा $L_x = \dfrac{R_2}{R_3}L_4$ ...(ii)



चित्र 4.16

प्रश्न 9. एण्डरसन ब्रिज तथा शियरिंग ब्रिजों की कार्य पद्धतियों की तुलना कीजिए।
अथवा **शियरिंग सेतु का उल्लेख कीजिए।** (2014)
अथवा **शियरिंग ब्रिज को लिखिए व व्याख्या दीजिए।** (2016)

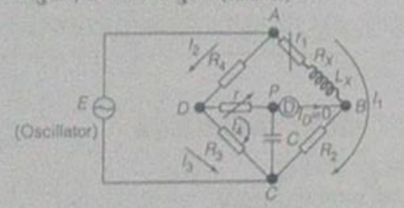
उत्तर एण्डरसन ब्रिज Anderson's Bridge इस ब्रिज द्वारा अति कम मान के प्रेरकत्व (inductance; L) से लेकर काफी बड़ी रेन्ज तक के प्रेरकत्व का मापन किया जा सकता है। यह वास्तव में मैक्सवेल संधारित्र ब्रिज का एक संशोधित रूप है। इसमें, प्रेरक के स्व-प्रेरकत्व (self inductance) का एक स्थिर स्टैण्डर्ड संधारित्र के पदों में मापन किया जाता है।

चित्र 4.17 में एण्डरसन ब्रिज के परिपथ को प्रदर्शित किया गया है। इसमें संयोजित घटक निम्न है—

L_x = प्रेरक का अज्ञात स्व-प्रेरकत्व, Henry (H) में,

R_x = प्रेरक का प्रतिरोध, Ohms (Ω) में,
r_1 = प्रेरक की श्रेणी में संयोजित परिवर्ती प्रतिरोध, Ohms में,
r_1, R_2, R_3, R_4 = प्रेरण-रहित (non-inductive) प्रतिरोध, Ohms में,
C = स्थिर स्टैण्डर्ड संधारित्र की धारिता, Farad में,

चित्र 4.17 के अनुसार, ब्रिज की सन्तुलन (balance) अवस्था में



$$R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3} - r_1$$

$$L_x = C\frac{R_2}{R_3}[r(R_3+R_4)+R_3R_4]$$

चित्र 4.17 Anderson's Bridge (for Measuring Inductance of Low Value Q i.e., Low Value of Inductance)

$$r_1 + R_x = \frac{R_4 R_2}{R_3}$$

अर्थात् $$R_x = \frac{R_2}{R_3}R_4 - r_1 \quad ...(i)$$

तथा $$L_x - CR_2 r = \frac{CR_2 R_4 r}{R_3} + CR_2 R_4$$

अतः $$L_x = CR_2\left[\frac{R_4 r}{R_3} + r + R_4\right]$$

अर्थात् $$L_x = \frac{CR_2}{R_3}[r(R_3+R_4)+R_3R_4] \quad ...(ii)$$

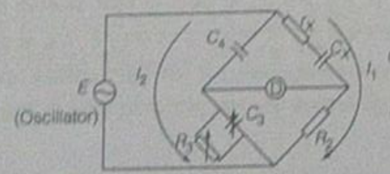
शियरिंग ब्रिज Schering Bridge

संधारित्र की धारिता मापन में अधिकतम शियरिंग A.C. ब्रिज का ही प्रयोग किया जाता है। इसके परिपथ को चित्र 4.18 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें संयोजित घटकों (components) का विवरण निम्न प्रकार है—

C_x = कैपेसिटर की धारिता, जिसका मापन करना है, Farads में
r_x = कैपेसिटर C_x का आन्तरिक प्रतिरोध जिसमें पावर क्षय होती है, ohms में,
C_4 = मानक संधारित्र (standard capacitor) की धारिता, Farads में,
R_2 = प्रेरण रहित (शुद्ध) प्रतिरोध (non-inductive resistance), ohms में,
R_3 = परिवर्ती शुद्ध प्रतिरोध, ohms में,
C_3 = ज्ञात धारिता का परिवर्ती संधारित्र, Farads में,

C_4 एवं C_3 के छोटे मानक जैसे कि μF भी लिये जा सकते हैं। परन्तु सूत्र में C_4 एवं C_3 के मात्रकों को एक प्रकार की राशियों [pF अथवा μF अथवा farad (F)] में ही प्रयोग करना चाहिए।

चित्र 4.18 में, ब्रिज की सन्तुलन अवस्था में,



$$C_x = C_4\frac{R_3}{R_2}$$

$$r_x = R_2\frac{C_3}{C_4}$$

चित्र 4.18 Schering Bridge (an A.C. Bridge for Measuring Capacitance)

$$Z_x Z_3 = Z_2 Z_4$$

$$\frac{R_3 C_4}{C_x} = R_2$$

अर्थात् $$C_x = C_4\frac{R_3}{R_2} \quad ...(i)$$

तथा $$r_x R_3 C_4 = C_3 R_2 R_3 \quad ...(ii)$$

अर्थात् $$r_x = \frac{C_3}{C_4}R_2$$

प्रश्न 10. De-Sauty's Bridge का परिपथ बनाइए तथा इसकी कार्यविधि को प्रकाशित कीजिए।

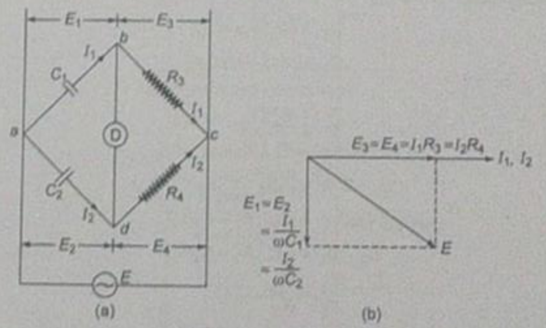
उत्तर इस ब्रिज की सहायता से हम दो संधारित्रों की तुलना करते हैं। इस ब्रिज का परिपथ तथा इसका Phaser diagram निम्न चित्र 4.19 में प्रदर्शित है।

माना C_1 = वह संधारित्र जिसकी धारिता (capacitance) ज्ञात करनी है।
C_2 = प्रारूपी संधारित्र
तथा R_3, R_4 = अप्रेरकीय प्रतिरोध

सन्तुलन की दशा में, $$\frac{1}{J\omega C_1}\times R_4 = \frac{1}{J\omega C_2}\times R_3$$

और $$\frac{R_4}{C_1} = \frac{R_3}{C_2}$$

⇒ $$C_1 = \frac{C_2 R_4}{R_3}$$



चित्र 4.19 De Sauty's Bridge

R_3 या R_4 को Vary कराके हम सन्तुलन की दशा को उत्पन्न कर सकते हैं। इस ब्रिज की विशेषता यह है कि यह बहुत सरल है। परन्तु यह विशेषता सारी Nullified हो जाती है। यदि दोनों संधारित्र dielectric loss से स्वतन्त्र नहीं है तो सन्तुलन की दशा को उत्पन्न नहीं किया जा सकता है। अतः Method में हम हानि रहित संधारित्रों का तुलनात्मक विशलेषण करते हैं। Imperfact capacitors [Capacitors having dielectric loss] के मापन की दशा में इस ब्रिज को Modified किया गया है। यह नवीनीकरण चित्र 4.20 में प्रदर्शित है।

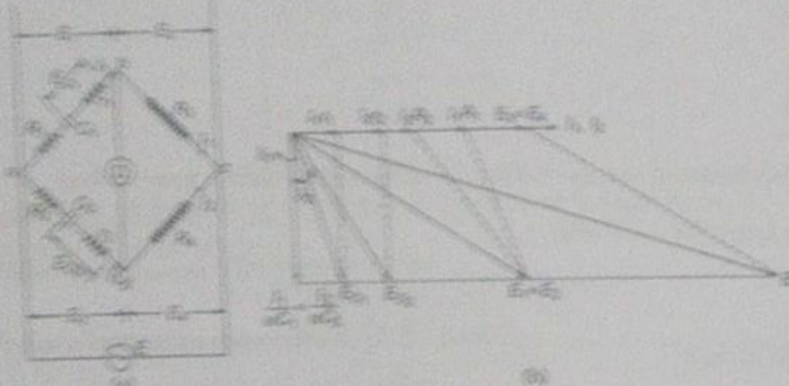
यहाँ R_1 तथा R_2 प्रतिरोध, संधारित्र C_1 तथा C_2 के साथ श्रेणी क्रम में संयोजित हैं। दोनों संधारित्रों में loss components प्रतिरोध r_1 तथा r_2 से प्रदर्शित है।

सन्तुलन की दशा में, $$\left(R_1 + r_1 + \frac{1}{J\omega C_1}\right)R_4 = \left(r_2 + R_2 + \frac{1}{J\omega C_2}\right)R_3$$

सरल करने पर,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2 + r_2}{R_1 + r_1} = \frac{R_4}{R_3} \qquad \ldots(i)$$

प्रतिरोध R_1, R_2, R_3 तथा R_4 को Vary करके सन्तुलन की दशा को उत्पन्न किया जा सकता है।



(a) (b)

चित्र 4.28 Modified De Sauty's Bridge

चित्र 4.28 में ब्रिज का Phasor Diagram सन्तुलन की स्थिति में दर्शाया गया है। जहाँ कोण δ_1 तथा δ_2 संधारित्र C_1 तथा C_2 के हास कोण को निरूपित करते हैं।

संधारित्र के Dissipation factor निम्नवत् हैं—

$$D_1 = \tan\delta_1 = \omega C_1 r_1$$

तथा

$$D_2 = \tan\delta_2 = \omega C_2 r_2$$

अतः समी० (i) से,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2 + r_2}{R_1 + r_1}$$

या

$$C_2 r_2 - C_1 r_1 = C_1 R_1 - C_2 R_2$$

या

$$\omega C_2 r_2 - \omega C_1 r_1 = \omega (C_1 R_1 - C_2 R_2)$$

$$D_2 - D_1 = \omega (C_1 R_1 - C_2 R_2)$$

लेकिन,

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_4}{R_3}$$

या

$$C_1 = \frac{C_2 R_4}{R_3}$$

अतः

$$D_2 - D_1 = \omega C_2 \left[\frac{R_1 R_4}{R_3} - R_2\right] \qquad \ldots(ii)$$

अगर हमें एक संधारित्र का Dissipation factor ज्ञात है तो हम समी० (ii) की सहायता से दूसरे संधारित्र का Dissipation factor ज्ञात कर सकते हैं। इस विधि की सहायता से हम High degree की accuracy का Dissipation factor ज्ञात नहीं कर सकते हैं।

5 सिग्नल जेनरेटर्स तथा ऐनालिटिकल यन्त्र

Signal Generators and Analytical Instruments

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. दोलित्र किस प्रकार की तरंग उत्पन्न कर सकते हैं?

उत्तर दोलित्र ज्यावक्रीय या अज्यावक्रीय तरंगें उत्पन्न कर सकते हैं।

प्रश्न 2. प्रवर्धक में फीडबैक किसे कहते हैं?

उत्तर प्रवर्धक में आउटपुट का कुछ भाग इनपुट को वापस करना फीडबैक कहलाता है।

प्रश्न 3. वीन ब्रिज कितनी भुजा वाला नेटवर्क होता है?

उत्तर वीन ब्रिज एक चार भुजा नेटवर्क होता है।

प्रश्न 4. ट्रांजिस्टर स्विच को अन्य किस नाम से जाना जाता है?

उत्तर ट्रांजिस्टर स्विच को इलेक्ट्रॉनिक स्विच के नाम से भी जाना जाता है।

प्रश्न 5. मल्टीवाइब्रेटर किस प्रकार की तरंग उत्पन्न करते हैं?

उत्तर मल्टीवाइब्रेटर वर्गाकार तरंगें या पल्स उत्पन्न करते हैं।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. एक पल्स जनित्र का वर्णन कीजिए। पल्स चौड़ाई एवं आवृत्ति को कैसे बदलते हैं? समझाइए।

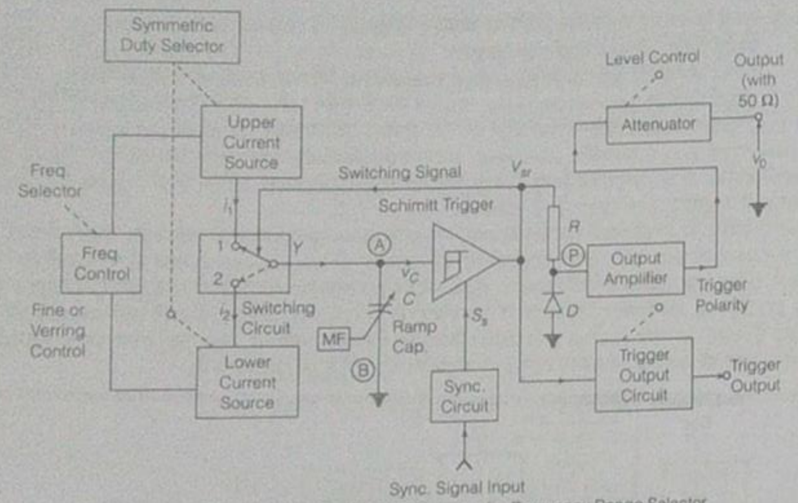
अथवा एक ब्लॉक आरेख की सहायता से पल्स जनित्र की कार्यप्रणाली समझाइए।

अथवा पल्स जनित्र का खण्डक चित्र बनाइए एवं समझाइए। (2016)

अथवा स्पन्द जनित्र की कार्यविधि को समझाइए।

अथवा पल्स जेनरेटर के बारे में समझाइए। (2017)

उत्तर **पल्स जेनरेटर** Pulse Generator पल्स जेनरेटर में सामान्यतः प्रयोग किये जाने वाले एक परिपथ के ब्लॉक-आरेख को चित्र 5.1 में प्रदर्शित किया गया है। पल्स जेनरेटर में प्रायः 5 रेन्जों में 0.3 Hz से 20 MHz तक की आवृत्ति की पल्सें प्राप्त कर सकते हैं। इसके द्वारा परिवर्तित आवृत्ति के साथ-साथ, परिवर्ती ड्यूटी साइकिल (variable duty cycle) तथा परिवर्ती आयाम की पल्सें प्राप्त की जा सकती हैं। इसके अतिरिक्त ट्विन आउटपुट टर्मिनल पर, धनात्मक पल्स अथवा ऋणात्मक पल्स में से कोई भी पल्स प्राप्त कर सकते हैं। सभी आवृत्ति रेन्जें एवं आयाम रेन्जों में अलग-अलग सतत् समायोजन (continuous adjustment) के लिए रेखीय अंशांकित नॉब (linear calibrated knob) होती हैं। इसमें 25% से 90% तक ड्यूटी साइकिल युक्त पल्स प्राप्त की जा सकती है। चित्र 5.2 में प्रदर्शित पल्स तरंग में duty cycle का मान [illegible]



MF = Multiplier Switch for Frequency, *i.e.* Frequency Range Selector

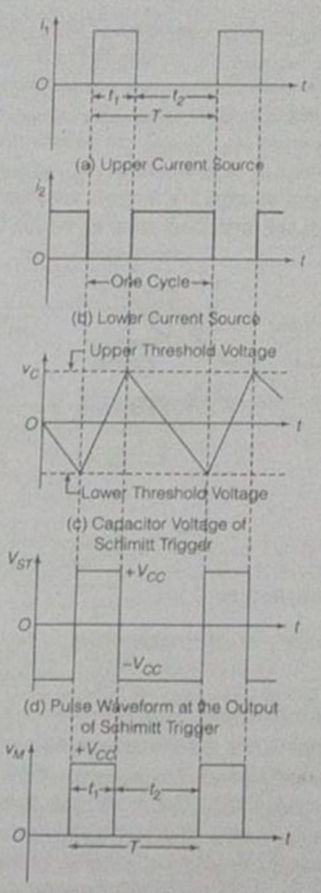
चित्र 5.1 Block Diagram of a Pulse Generator

$$\text{Duty Cycle of Pulse} = \frac{\text{Pulse Width}}{\text{Pulse Period}} \times 100\%$$

अर्थात् $\text{Duty Cycle of Pulse} = \frac{t_1}{T} \times 100\%$

या $= \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times 100\%$

सामान्यतः पल्स जेनरेटर की आउटपुट प्रतिबाधा लगभग 50Ω होती है। इससे 0.03 V से 10 V पीक आयाम तक तथा 5 ns ($= 5 \times 10^{-9}$ sec) राइज (Rise) एवं फॉल (Fall) समय की पल्स प्राप्त होती है। इसके अतिरिक्त, पावर इलेक्ट्रॉनिक परिपथों में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनिक स्विच [thyristors, traics, power transistors, power MOSFETs, insulated gate bipolar transistors (IGBTs) इत्यादि] को ट्रिगर (trigger—ऑन अथवा ऑफ) करने के लिए पल्स जेनरेटर के एक अन्य आउटपुट पर ट्रिगर पल्सें प्राप्त होती हैं। पल्स जेनरेटर के Sync. Signal Input टर्मिनल पर एक समकालिक (synchronize) पल्स प्रदान करने पर, यन्त्र के ट्रिगर-आउटपुट पर बर्स्ट (burst) उत्पन्न होती है जिसमें सामान्यतः 5 या 7 पल्सें होती हैं। कुछ पल्स जेनरेटरों में इन दो आउटपुटों (50Ω प्रतिबाधा युक्त आउटपुट ट्रिगर आउटपुट) के अतिरिक्त एक अन्य 600Ω प्रतिबाधा युक्त आउटपुट टर्मिनल होता है जिससे अधिकतम लगभग 30 V पीक आयाम की पल्स प्राप्त की जा सकती है जिसका राइस एवं फॉल टाइम लगभग 50 ns होता है।



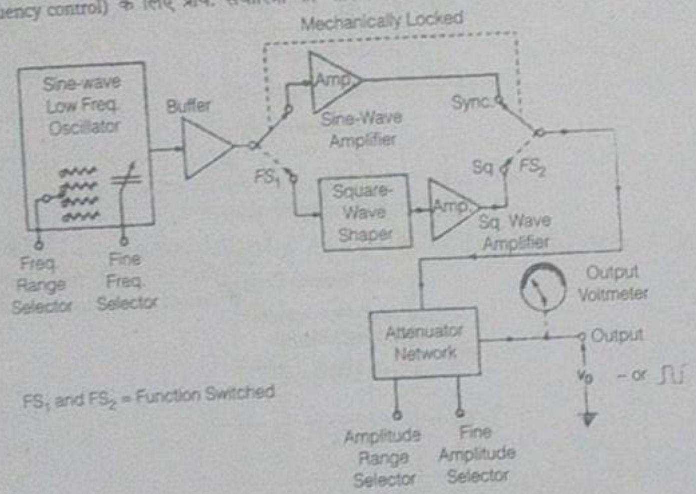
चित्र 5.2 Wave Forms at Some Main Points in Fig. 5.1

प्रश्न 2. निम्न/श्रव्य आवृत्ति संकेत जनित्र पर टिप्पणी लिखिए।

अथवा **न्यून आवृत्ति जनित्र क्या है?**

उत्तर **निम्न/श्रव्य आवृत्ति सिगनल जेनरेटर** Low/Audio Frequency Signal Generator अधिकतर सिगनल जेनरेटर केवल ज्यावक्रीय तरंगें (sine waves) उत्पन्न करते हैं जबकि आधुनिक कुछ सिगनल जेनरेटर साइन वेव के साथ-साथ वर्गाकार तरंगें (square waves) भी उत्पन्न करते हैं। 20 Hz से 20 kHz तक आवृत्ति रेन्ज उत्पन्न करने वाले सिगनल जेनरेटरों को प्रायः निम्न आवृत्ति सिगनल जेनरेटर कहते हैं जिन्हें **ऑडियो आवृत्ति** (audio frequency; AF) सिगनल जेनरेटर भी कहते हैं। परन्तु कुछ सिगनल जेनरेटर निर्माणकर्ता, 10 Hz से 100 kHz तक तथा कुछ 10 Hz से 1 MHz तक रेन्ज वाले निम्न आवृत्ति सिगनल जेनरेटरों का निर्माण करते हैं।

एक प्रकार के निम्न आवृत्ति सिगनल जेनरेटर के ब्लॉक आरेख को चित्र 5.3 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें ऑडियो आवृत्ति अर्थात् निम्न आवृत्ति (low frequency) की ज्यावक्रीय विभव/तरंग (sinusoidal voltage/wave) को उत्पन्न करने के लिए सामान्यतः RC नेटवर्क प्रयुक्त दोलित्र (oscillator) का प्रयोग किया जाता है, जैसे कि—वेन ब्रिज दोलित्र (wein bridge oscillator) अथवा फेज शिफ्ट दोलित्र (phase shift oscillator) का प्रयोग करते हैं। $R-C$ पुनः निविष्ट प्रयुक्त वेन ब्रिज दोलित्र द्वारा उच्च गुणवत्ता (high quality) युक्त ज्यावक्रीय तरंग प्राप्त होती है। दोलित्र तथा आवृत्तियों की विभिन्न रेन्ज उत्पन्न करने के लिए $R-C$ के विभिन्न संयोजन (combination) प्रयुक्त किये जाते हैं। विभिन्न मान के प्रतिरोधों में स्विचिंग द्वारा प्रायः दोलित्र की आवृत्ति रेन्ज में परिवर्तन प्राप्त किया जाता है जबकि सूक्ष्म आवृत्ति परिवर्तन (fine frequency control) के लिए प्रायः संधारित्रों की धारिता को परिवर्तित किया जाता है।



चित्र 5.3 Block Diagram of a Low/Audio Frequency Signal Generator

दोलित्र को भार (loading) से बचाने के लिए, दोलित्र में उत्पन्न ज्यावक्रीय तरंग को बफर (buffer) के इनपुट पर प्रयुक्त करते हैं। इसके आउटपुट को फंक्शन स्विच (function switch), FS_1 जो कि यान्त्रिक रूप से आउटपुट फंक्शन स्विच, FS_2 के साथ युग्मित (coupled अर्थात् locked) रहता है, को प्रयुक्त किया जाता है। फंक्शन स्विच, FS_1, दोलित्र के आउटपुट को या तो ज्यावक्रीय तरंग प्रवर्धक (sine-wave amplifier) अथवा वर्गाकार तरंग रूपित्र (square-wave shaper) के इनपुट पर प्रयुक्त करता है। ज्यावक्रीय तरंग प्रवर्धक का आउटपुट द्वि-पथ (two-way) फंक्शन स्विच, FS_2 के एक टर्मिनल के साथ संयोजित रहता है। वर्गाकार तरंग के आउटपुट को वर्गाकार तरंग प्रवर्धक द्वारा प्रवर्धित करके आउटपुट फंक्शन स्विच, FS_2 के दूसरे टर्मिनल के साथ संयोजित करते हैं। आउटपुट फंक्शन स्विच, FS_2 के कॉमन टर्मिनल को स्टेप तनुकारी (step attenuator) इनपुट पर संयोजित किया जाता है।

तनुकारी AF सिगनल का निर्देशानुसार क्षीणन (attenuation) करता है। तनुकारी भाग में, प्रायः π-टाइप प्रतिरोधी क्षीणकारिओं (π-type resistive attenuators) का प्रयोग किया जाता है। इस प्रकार के क्षीणकारी, 20 dB तक एवं 100 MHz तक प्रचालन के लिए निर्मित किये जा सकते हैं। AF जेनरेटर के फ्रन्ट पैनल पर, तनुकारी से सम्बन्धित दो नियन्त्रक नोब (control knobs) एक स्टेप क्षीणन नोब जिसे आयाम गुणक भी कहते हैं तथा दूसरी सतत् क्षीणन नोब (continuous or fine attenuation knob), जिसके सहयोग से आउटपुट विभव तरंग के आयाम को सतत् नियन्त्रित किया जा सकता है। इस प्रकार एक तनुकारी से परिवर्तनीय आयाम युक्त ज्यावक्रीय अथवा वर्गाकार तरंग विभव, आउटपुट पर प्राप्त होती है। सिगनल जेनरेटर के फ्रन्ट पैनल में लगा एक वोल्टमीटर, जेनरेटर के आउटपुट विभव आयाम को प्रदर्शित करता है।

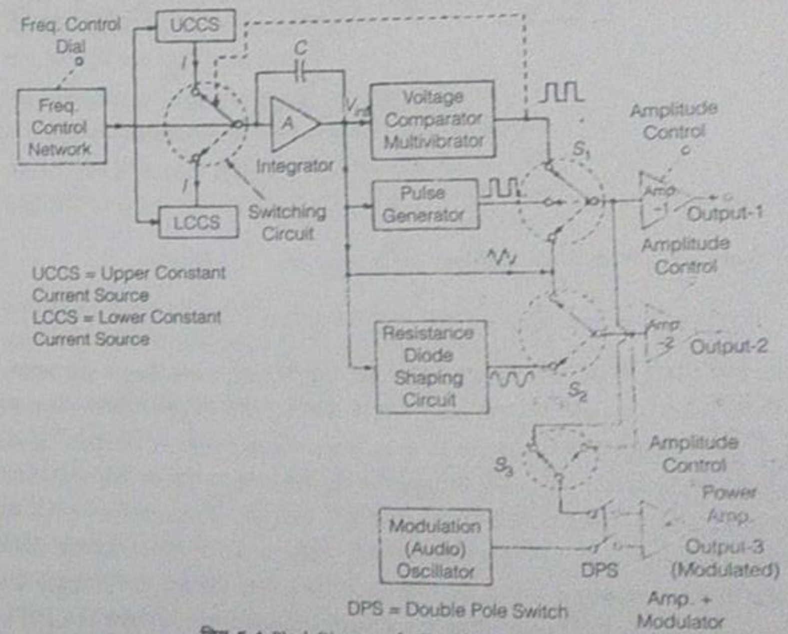
प्रश्न 3. प्रकार्य जनित्र एवं इसकी कार्यविधि पर टिप्पणी लिखिए। (2013) (2017)

अथवा **प्रकार्य जनित्र की कार्य पद्धति समझाइए।**

अथवा **ब्लॉक आरेख की सहायता से Function Generator की कार्यप्रणाली का वर्णन कीजिए।** (2018)

उत्तर **प्रकार्य जेनरेटर** Function Generator 1 Hz से कम से लेकर 1 MHz चौड़ी रेन्ज आवृत्ति की विभिन्न प्रकार की तरंगें, फंक्शन जेनरेटर द्वारा उत्पन्न होती हैं। इस जेनरेटर से सामान्यतः त्रिभुजाकार (triangular), वर्गाकार (square), स्पंद (pulse), ज्यावक्रीय (sinusoidal), आरा-दन्त (saw-tooth) विभव तरंगें प्राप्त की जा सकती हैं। कुछ फंक्शन जेनरेटरों में इस प्रकार की किसी भी एक तरंग का चयन करके उसके ऑडियो आवृत्ति (audio frequency) सिगनल से मॉडुलेटेड तरंग प्राप्त की जा सकती है।

फंक्शन जेनरेटर को किसी बाहरी सिगनल के साथ फेज-लॉक (phase-lock) किया जा सकता है। फंक्शन जेनरेटर से विभिन्न प्रकार की तरंग अलग-अलग आउटपुट पर एक समय पर ही (simultaneously) प्राप्त की जा सकती है। चित्र 5.4 में एक सामान्य फंक्शन जेनरेटर के ब्लॉक आरेख को प्रदर्शित किया गया है। इसके दो आउटपुटों (आउटपुट 1 एवं 2) पर, स्विच S_1 एवं स्विच S_2 के संयोग से चार प्रकार की तरंगों से कोई दो प्रकार की तरंगें एक साथ प्राप्त की जा सकती हैं। इसमें एक अन्य आउटपुट 3 भी प्रदर्शित किया गया है जिस पर वर्गाकार, पल्स, त्रिभुजाकार अथवा ज्यावक्रीय कैरियर तरंग को ऑडियो ज्यावक्रीय तरंग द्वारा मॉडुलेटेड तरंग प्राप्त की जा सकती है।



चित्र 5.4 Block Diagram of a Function Generator

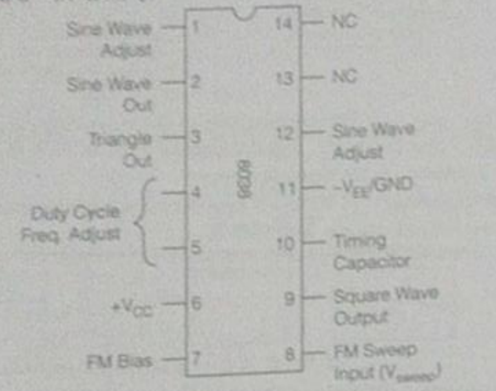
इस परिपथ का मुख्य भाग इन्टीग्रेटर परिपथ होता है जिसके आउटपुट पर त्रिभुजाकार तरंग (triangular wave) प्राप्त होती है। इस इन्टीग्रेटर में प्रयुक्त संधारित्र-C को आवेशन (charging) के लिए पावर, ऊपर नियत धारा स्रोत (UCCS) से प्राप्त होती है। संधारित्र-C में इस स्थिर धारा (constant current) के कारण, इन्टीग्रेटर के आउटपुट पर वोल्टेज समय के साथ-साथ रेखीय रूप में (linearly) बढ़ती है। इसके आउटपुट विभव आयाम (V_{int}) को निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है—

$$V_{int} = -\frac{1}{C}\int i\,dt \quad \text{अतः} \quad V_{int} = -\frac{I}{C}t$$ (क्योंकि i नियत है)

प्रश्न 4. फंक्शन जेनरेटर को प्राप्त करने हेतु प्रयुक्त IC का पिन आरेख बनाइए।

उत्तर फंक्शन जेनरेटर चिप Function Generator IC ICL 8038 एक फंक्शन जेनरेटर चिप है जो कि ज्यावक्रीय (sinusoidal), त्रिभुजाकार (triangular) एवं वर्गाकार (square) तरंगें एक साथ प्रदान करती है। इससे 0.001 Hz से 500 kHz आवृत्ति की तरंगें प्राप्त कर सकते है।

IC 8038 के पिन विवरण को चित्र 5.5 में प्रदर्शित किया गया है। इस परिपथ द्वारा 10 Hz से 100 kHz आवृत्ति की साइन, त्रिभुजाकार एवं वर्गाकार तरंगें प्राप्त कर सकते है।



Note: (1) NC = No Connections
(2) $10\text{ V} \le V_{CC} \le 30\text{ V}$
(3) If $-V_{EE}$ Supply used: $|-V_{EE}| = |+V_{CC}|$
(4) At Pin 8, $(2/3\, V_{CC} + 2V) < V_{sweep} < V_{CC}$

चित्र 5.5 Pin Configuration of Function Generator IC-8038

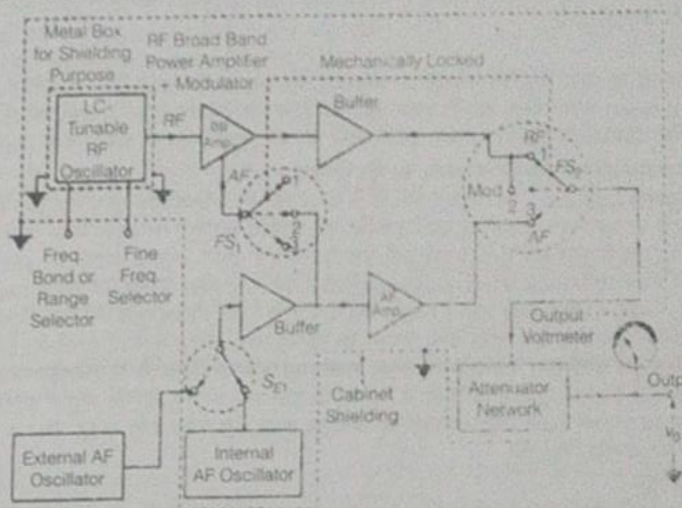
प्रश्न 5. स्वच्छ ब्लॉक आरेख देते हुए प्रयोगशाला प्रकार के RF सिगनल जनित्र की कार्यविधि समझाइए। (2014, 16)

अथवा **RF सिगनल जेनरेटर का उल्लेख कीजिए।**

उत्तर रेडियो आवृत्ति (RF) सिगनल जेनरेटर Radio Frequency Signal Generator 30 kHZ से ऊपर आवृत्ति वाले सिगनल जेनरेटरों को सामान्यतः RF सिगनल जेनरेटर कहते है। एक सामान्य RF सिगनल जेनरेटर के ब्लॉक आरेख को चित्र 5.6 में प्रदर्शित किया गया है। इस प्रकार के जेनरेटर के आउटपुट पर sine waveform का रेडियो आवृत्ति (RF) सिगनल, ऑडियो आवृत्ति (AF) सिगनल अथवा RF मॉडुलेटेड सिगनल में से किसी भी एक सिगनल को प्राप्त किया जा सकता है। इसके लिए जेनरेटर के अन्दर, यान्त्रिक रूप से दो फंक्शन स्विच (चित्र 5.6 में FS_1 एवं FS_2) केवल एक बाहरी नॉब (knob) द्वारा जुड़े रहते है।

इस जेनरेटर का हृदय RF दोलित्र होता है जिसमें RF दोलन उत्पन्न होते है। यह LC ट्यून्ड दोलित्र परिपथ होता है, जैसे कि प्रायः हार्टले दोलित्र (hartley oscillator) अथवा कॉलपिट्ट दोलित्र (calpit oscillator) का प्रयोग किया जाता है। यह दोलित्र उच्च गुणवत्ता युक्त ज्यावक्रीय तरंग-स्वरूप (sinusoidal waveform) प्रदान करता है जिसमें किसी प्रकार के विरूपण (distortions) आदि नहीं होते है। RF सिगनल जेनरेटर में सामान्यतः 50 kHz से 50 MHz तक 7 भिन्न आवृत्ति रेन्ज में सिगनल प्राप्त होते है। RF दोलित्र परिपथ में रेन्ज स्विच, प्रत्येक रेन्ज में अलग-अलग LC नेटवर्क स्विच करता है। इन LC ट्यून्ड परिपथों में प्रायः परिवर्तनीय संधारित्र (C) प्रयोग किया जाता है जिसके परिवर्तनीय टर्मिनल की स्थिति (Position) में परिवर्तन द्वारा चयनित रेन्ज की न्यूनतम से उच्चतम आवृत्ति तक, कोई भी आवृत्ति युक्त सिगनल प्राप्त किया जा सकता है।

RF दोलित्र के आउटपुट को चौड़ी बैण्ड-चौड़ाई (wide band width) वाले पावर प्रवर्धक के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है। फंक्शन स्विच, FS_2 का कॉमन संयोजक टर्मिनल, तनुकारी (attenuator) के इनपुट पर संयोजित रहता है। यह एक परिशुद्धता आउटपुट तनुकारी (precision output attenuator) होता है जिसके आउटपुट (V_0) को सामान्यतः 1μV से 3V तक के स्तर (level) आयाम पर सैट (set) किया जा सकता है। तनुकारी से प्राप्त आउटपुट सिगनल (V_0) का विभव आयाम मान, जेनरेटर के फ्रन्ट पैनल पर माउन्टेड विभवमीटर में प्रदर्शित होता है।



S_{E1} = External/Internal AF Oscillator Switch
F_{S1} and F_{S2} = Function Switches with Mechanical Inter-locked

चित्र 5.6 Block Diagram of Basic RF Signal Generator

प्रश्न 6. सिगनल जनरेटर्स आप से क्या समझते है? विभिन्न सिगनल जेनरेटरों के नाम एवं अनुप्रयोग दीजिए।

उत्तर सिगनल जनरेटर्स Signal Generaters सिगनल जनरेटर्स का तात्पर्य उन परिपथों या युक्तियों से है जो विभिन्न प्रकार के सिगनल उत्पन्न करते हैं। सामान्य शब्दावली में, pure sinusoidal तरंग उत्पन्न करने वाले यन्त्रों को signal जेनरेटर कहा जाता है, किन्तु यदि कोई यन्त्र sine wave के साथ-साथ अन्य तरंगें (जैसे square wave; triangular wave इत्यादि) भी जनरेट करता है, तो उसे फंक्शन जेनरेटर कहा जाता है। आधुनिक समय में औद्योगिक, घरेलू एवं अभियान्त्रिकी के लगभग सभी क्षेत्रों में इलेक्ट्रॉनिक/पावर-इलेक्ट्रॉनिक परिपथों, यन्त्रों एवं उपकरणों का प्रयोग किया जाता है जिनके विकास एवं दोष निवारण (trouble shooting) के लिए विभिन्न प्रकार के सिगनलों की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए—ध्वनि (श्रव्य) एवं दृश्य संचार प्रणालियों (audio and video communication systems) में प्रयुक्त किये जाने वाले उपकरण जैसे रेडियो रिसीवरों, TV रिसीवरों, मोबाइल फोनों, इत्यादि की टेस्ट एवं एलाइनमैन्ट करने के लिए अधिकतर मॉडुलेटेड (modulated) अथवा/और बिना मॉडुलेटेड ज्यावक्रीय तरंगों (sine wave) की आवश्यकता होती है जो इलेक्ट्रॉनिक यन्त्र, मॉडुलेटेड एवं अन-मॉडुलेटेड साइन वेव उत्पन्न कर सकते है उन्हें प्रायः सिगनल जेनरेटर कहते हैं। सिगनल जेनरेटर कई प्रकार के होते हैं जिनमें से कुछ प्रमुख सिगनल जेनरेटर निम्न है—

(i) साधारण नियत आवृत्ति ज्यावक्रीय तरंग जेनरेटर (simple fixed frequency sine wave generator)
(ii) निम्न/ऑडियो आवृत्ति सिगनल जेनरेटर (low/audio frequency signal generator) 10 Hz से 100 kHz तक आवृत्ति के सिगनल जेनरेटर।
(iii) रेडियो आवृत्ति (radio frequency) सिगनल जेनरेटर 50 kHz से 50 MHz तक आवृत्ति के सिगनल जेनरेटर।
(iv) वीडियो आवृत्ति सिगनल जेनरेटर (video frequency signal generator) D.C. से 5 MHz तक आवृत्ति के सिगनल जेनरेटर।
(v) अति उच्च आवृत्ति (very high frequency VHF) सिगनल जेनरेटर 20 MHz से 350 MHz तक के सिगनल जेनरेटर।

Scanned with CamScanner

आजकल कुछ Hz से सैकड़ों गीगा हर्ट्ज (hundreds giga Hertz; GHz) तक आवृत्ति के सिगनल जेनरेटर बाजार में उपलब्ध हैं। सामान्यतया एक सिगनल जेनरेटर का आवृत्ति परास (frequency range) एवं आयाम रेन्ज (amplitude range) अति उच्च होता है।

अनुप्रयोग

सिगनल जेनरेटरों का प्रमुख अनुप्रयोग, इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों; जैसे—रेडियो एवं TV रिसीवरों के परीक्षण (testing) एवं सरेखण (alignment) करने में किया जाता है। इसके अतिरिक्त सिगनल जेनरेटर का अनुप्रयोग आवृत्ति की अधिक चौड़ी रेन्ज में इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के पूर्ण लाभ अथवा उसकी स्टेजों के लाभ (response) को ज्ञात करने में भी करते हैं।

प्रश्न 7. तनुकारी/क्षीणक क्या है? तनुकरण का सूत्र लिखिए।

उत्तर **तनुकारी** Attenuator यह सिगनल जेनरेटर के आउटपुट भाग में स्थित एक मुख्य भाग होता है। दोलित्र द्वारा उत्पन्न दोलनों को एक नियत आयाम तक प्रवर्धित करके, उसे तनुकारी के इनपुट पर प्रयुक्त किया जाता है। तनुकारी के आउटपुट पर प्राप्त सिगनल स्तर (level) तभी सही ज्ञात हो सकता है जबकि तनुकारी यथार्थ (accurate) हो। सिगनल जेनरेटर को संचार ग्राही (communication receivers), रेडियो एवं TV रिसीवर इत्यादि के परीक्षण (testing), सरेखण (alignment) आदि में प्रयोग किया जाता है जिसके लिए कम परन्तु नियत आयाम युक्त सिगनल की आवश्यकता होती है। इसके लिए तनुकारी के एक नियत उच्च आयाम को प्रयुक्त करते हैं तथा तनुकारी में स्टैप्स (steps) एवं सतत् (course) नियन्त्रण डायल द्वारा सरलता से आवश्यक आयाम युक्त सिगनल, तनुकारी के आउटपुट पर प्राप्त कर सकते हैं। अत: तनुकारी एक ऐसी युक्ति है जो किसी भी सिगनल के पावर स्तर को एक निश्चित अनुपात द्वारा कम कर सकती है अर्थात् तनुकारी, उसमें प्रयुक्त इनपुट सिगनल की पावर इस प्रकार कम करता है कि इनपुट पावर (P_i) एवं आउटपुट पावर (P_o) का अनुपात स्थिर रहे।

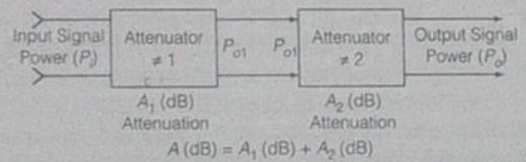
तनुकरण का सूत्र

यदि किसी तनुकारी द्वारा इनपुट पावर में कमी A हो तो डेसीबल (dB) में कमी को निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं

$$A(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_i}{P_o} \qquad \text{...(i)}$$

कास्केड स्थिति में तनुकरण

यदि एक सिगनल जेनरेटर में दो तनुकारी, कास्केड (cascade) में संयोजित हों, जैसा कि चित्र 5.7 में प्रदर्शित किया गया है, तो पहले तनुकारी द्वारा सिगनल की पावर P_i/P_{01} अनुपात में कम होती है जिसे P_{01}/P_o अनुपात में दूसरा तनुकारी पुन: और कम करता है। इस प्रकार, दोनों तनुकारियों द्वारा सिगनल पावर में कुल कमी, दोनों तनुकरण के गुणा के बराबर होती है।



चित्र 5.7 Two Attenuators are Cascaded for Increasing Attenuation of the Signal

$$A(\text{dB}) = 10 \log \left[\frac{P_i}{P_{01}} \times \frac{P_{01}}{P_o}\right]$$

अर्थात्

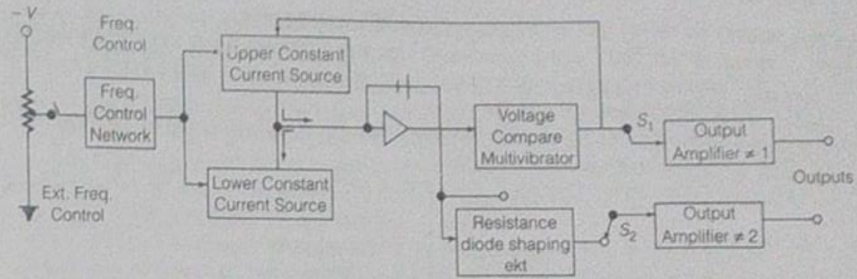
$$A(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_i}{P_{01}} + 10 \log \frac{P_{01}}{P_o} \qquad \text{...(ii)}$$

यदि प्रत्येक तनुकारी का तनुकरण dB में प्रदर्शित हो तो

$$A(\text{dB}) = A_1(\text{dB}) + A_2(\text{dB})$$

प्रश्न 8. फंक्शन जेनरेटर एवं सिगनल जेनरेटर में क्या अन्तर है? ब्लॉक चित्र बनाकर समझाइए। (2012)

उत्तर **फंक्शन जेनरेटर** Function Generator Function Generator एक ऐसी device है जो विभिन्न प्रकार की Waveforms उपलंब्ध कराती है तथा उनकी frequency एक बड़ी range में change की जा सकती है। इस generator से triangular, sinusoidal, square shaped and saw tooth waves recieve की जा सकती हैं। इन waves की freq. 1 Hz के कुछ भाग से सैकड़ों kilohertz तक परिवर्तित की जा सकती है।

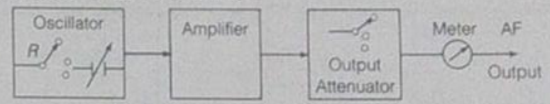


चित्र 5.8 Block Diagram of Function Generator

सिगनल जेनरेटर Signal Generator Signal Generator निम्न दो प्रकार के होते हैं—

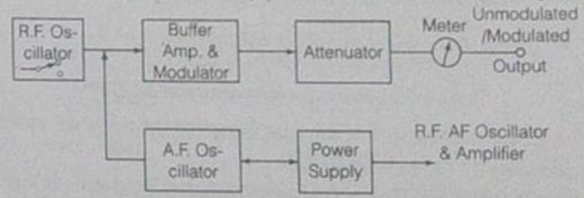
(1) AF Signal Generator, (2) RF Signal Generator

(1) **AF Signal Generator** इन जनरेटर्स में oscillator stage, audio frequency generate करता है। Oscillator में सामान्यत: RC network का use किया जाता है।



चित्र 5.9 Block diagram of AF signal generator

(2) RF Signal Generator यह generator RF range में modulated and unmodulated signal supply करता है।



चित्र 5.10 Block Diagram of RF Signal Generator

प्रश्न 9. डिस्टॉर्शन फैक्टर मीटर (Distortion factor meter) का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर किसी इलेक्ट्रॉनिक सर्किट में non-linearities के कारण distortion उत्पन्न हो जाता है। इससे output waveforms में सन्नादी उत्पन्न (harmonics introduce) हो जाते हैं तथा इन harmonics से उत्पन्न distortion को harmonic distortion कहा जाता है।

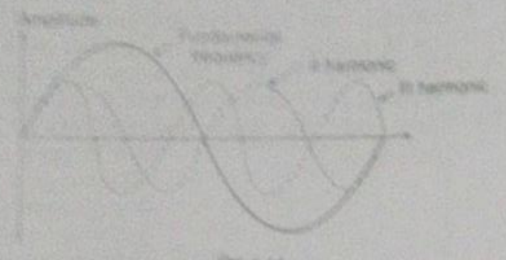
किसी भी sine wave की मूल आवृत्ति उसकी fundamental frequency होती है। वास्तव में pure sine wave वह होती है जिसमें केवल fundamental frequency (f_1) के components होते हैं। किन्तु distortion के कारण fundamental frequency के multiples (जैसे—$2f_1, 3f_1, 4f_1, 5f_1, \ldots$) इत्यादि भी उत्पन्न हो जाते हैं (देखें चित्र 5.11) जिसको harmonics कहा जाता है। अत: इसके कारण Harmonic distortion उत्पन्न होता है।

कुल सन्नादी डिस्टॉर्शन

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\Sigma(\text{Harmonic})^2}}{\text{Fundamental frequency}}$$

डिस्टॉर्शन के प्रकार

(i) आवृत्ति डिस्टॉर्शन
(ii) फेज डिस्टॉर्शन
(iii) आयाम डिस्टॉर्शन
(iv) मध्यस्थता डिस्टॉर्शन



चित्र 5.11

[illegible] के कारण प्रयुक्त डिस्टॉर्शन मापन, सन्नादी (harmonic) का आयाम तथा इसकी आवृत्ति का अनुपात होता है अर्थात्

$$D_2 = \frac{B_2}{B_1} \qquad D_3 = \frac{B_3}{B_1} \qquad D_4 = \frac{B_4}{B_1}$$

जहाँ D_n = डिस्टॉर्शन का nth सन्नादी (harmonic)

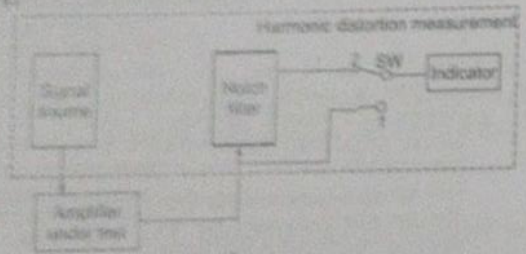
B_n = nth सन्नादी का आयाम (Amplitude)

B_1 = इसकी आवृत्ति का आयाम

$$T.H.D. = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + \ldots}$$

$$= \sqrt{\frac{B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + \ldots}{B_1^2}} = \frac{\sqrt{B_2^2 + B_3^2 + B_4^2 + \ldots}}{B_1}$$

डिस्टॉर्शन का मापन Measurement of Distortion : चित्र 5.12 में डिस्टॉर्शन मापन की विधि दी गई है। इस विधि में Fundamental आवृत्ति को Suppress कर दिया जाता है। O/P Signal के harmonic (और इस प्रकार Distortion) का मापन किया जाता है।



चित्र 5.12

स्विच को Position 1 पर रखकर Total content (fundamental + harmonic) तथा Position 2 पर रखकर केवल harmonics का measurement किया जाता है।

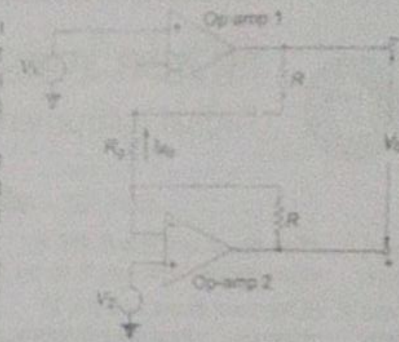
$$T.H.D. = \frac{E_{harmonics}}{E_{total}} \times 100$$

प्रश्न 10. Instrumentation amplifier का वर्णन कीजिए।

उत्तर Instrumentation amplifier एक प्रकार का differential amplifier है इसके साथ-साथ यह high इनपुट impedance रखता है। एक आन्तरिक या बाह्य प्रतिरोध के द्वारा इसका gain सेट किया जाता है। High common mode rejection होने के कारण यह प्रवर्धक (amplifier) सूक्ष्म signals को भी recover कर देता है। Instrumentation amplifier, Op-amp की भाँति एक साधारण Building block नहीं है। सामान्यतः instrumentation amplifier एक प्रकार का set gain लिए हुए एक बन्द परिपथ device है।

सामान्यतः instrumentation amplifier में दो stages होती हैं। पहली stage में दोनों इनपुट signals को एक high इनपुट प्रतिबाधा प्रदान की जाती है तथा इसके साथ-साथ एकल प्रतिरोध के द्वारा एक gain set कर दिया जाता है तथा दूसरी stage बिल्कुल Differential amplifier की तरह से है।

दिखाये गये चित्र 5.13 में Instrumentation amplifier की इनपुट stage प्रदर्शित की गई है। यह दो Op-amp, जो सही तरह से matched हैं, रखता है। प्रत्येक इनपुट सिगनल V_1 तथा V_2 दोनों Op-amp के Non-inverting terminal पर अध्यारोपित किये जाते हैं। यह Op-amp configuration एक High input प्रतिबाधा के साथ instrumentation amp को दर्शाती है।



चित्र 5.13 Instrumentation amplifier input stage

इसमें Op-amp के O/P को एक string of प्रतिरोधों के साथ संयोजित किया जाता है। चित्र 5.13 में दिखाये गये दो प्रतिरोध R, आन्तरिक प्रतिरोध कहलाते हैं। जबकि R_g gain setting resistor कहलाता है। यह gain setting resistor आन्तरिक या बाह्य तरीकों से संयोजित कर लिया जाता है।

दोनों Op-amp के बीच output voltage

$$V_0 = (V_2 - V_1)\left[1 + \frac{2R}{R_g}\right] \quad \ldots(i)$$

यहाँ Op-amp के inverting i/p तथा non-inverting i/p के बीच कोई विभवान्तर (Potential difference) नहीं है; अतः R_g के ऊपरी सिरे पर V_1 तथा निचले सिरे पर V_2 अंकित है।

अतः

$$V_{R_g} = V_2 - V_1 = I_g R_g$$

$$I_{R_g} = \frac{V_2 - V_1}{R_g} \quad \ldots(ii)$$

यही धारा तीनों प्रतिरोधों से होकर प्रवाहित होती है।

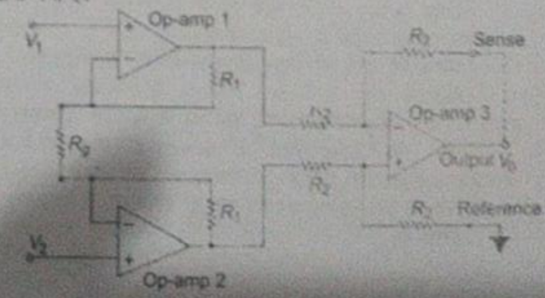
अतः O/P वोल्टता $(V_0) = I_{R_g} \times (2R + R_g)$

$$V_0 = \frac{V_2 - V_1}{R_g}(2R + R_g)$$

$$V_0 = (V_2 - V_1)\left(1 + \frac{2R}{R_g}\right) \quad \ldots(iii)$$

समी० (iii) को देखकर ज्ञात होता है कि R_g को कम करने पर V_0 का मान बढ़ता है। अतः gain का मान बढ़ाने हेतु R_g को कम करना होगा।

Instrumentation amp की दूसरी stage unity gain differential amp है। Instrumentation amp का पूरा परिपथ नीचे चित्र 5.14 में दिखाया गया है।



चित्र 5.14 Instrumentation amplifier full schematic

6 डिजिटल उपकरण
Digital Instruments

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. लॉजिक प्रोब की आकृति कैसी होती है?
उत्तर लॉजिक प्रोब एक पेन की आकृति का एक टेस्ट यंत्र होता है।

प्रश्न 2. लॉजिक पल्सर का क्या कार्य होता है?
उत्तर लॉजिक पल्सर लॉजिक सर्किट में सिगनल inject करने हेतु use किया जाता है।

प्रश्न 3. लॉजिक टाइमिंग एनालाइजर क्या कार्य करती है?
उत्तर लॉजिक टाइमिंग एनालाइजर waveform की sampling तथा storage करती है।

प्रश्न 4. आवृत्ति मीटर द्वारा किसका मापन किया जाता है?
उत्तर आवृत्ति मीटर द्वारा किसी तरंग की आवृत्ति का मापन किया जाता है।

प्रश्न 5. डिजिटल मीटर की सेन्सिटिविटी किसे कहते हैं?
उत्तर इनपुट की वह smallest change जिसको डिजिटल मीटर डिटेक्ट कर सके, उसकी sensitivity कहलाती है।

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. डिजिटल इन्स्ट्रूमेन्ट्स के एनालॉग इन्स्ट्रूमेन्ट्स के सापेक्ष लाभों की विवेचना कीजिए।
अथवा **एनालॉग इन्स्ट्रूमेन्ट्स व डिजिटल इन्स्ट्रूमेन्ट्स के बीच अन्तर बताइए।** (2012)
अथवा **एनालॉग एवं डिजिटल इन्स्ट्रूमेन्ट्स के मध्य तुलना कीजिए।** (2017)
उत्तर डिजिटल इन्स्ट्रूमेन्ट्स के एनालॉग इन्स्ट्रूमेन्ट्स के सापेक्ष विभिन्न लाभों को इनके तुलनात्मक अध्ययन द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। इनके मध्य तुलना निम्नलिखित सारणी में दी गई है—

क्र० सं०	अभिलक्षण (Characteristics)	एनालॉग उपकरण (Analog Instruments)	डिजिटल उपकरण (Digital Instruments)
1.	यथार्थता (Accuracy)	अच्छे से अच्छे एनालॉग उपकरणों की अधिकतम यथार्थता पूर्ण स्केल की ± 0.1% हो सकती है।	इन यन्त्रों की यथार्थता उच्च होती है। ± 0.005% तथा इससे अधिक यथार्थता वाले डिजिटल उपकरण उपलब्ध हैं।
2.	शक्ति क्षय तथा लोडिंग प्रभाव (Power Dissipation and Loading Effect)	इनमें पावर क्षय अधिक होता है। इसके अतिरिक्त ये उपकरण, मापन के लिए जिस परिपथ के साथ संयोजित किये जाते हैं, उस पर लोडिंग प्रभाव भी उत्पन्न कर सकते हैं क्योंकि इन यन्त्रों की इनपुट प्रतिबाधा कम होती है।	इनमें शक्ति क्षय बहुत ही कम लगभग नगण्य होता है। इनकी इनपुट प्रतिबाधा लगभग 10 MΩ से भी अधिक होने के कारण, ये मापन परिपथ पर लोडिंग प्रभाव भी नहीं रखते हैं।
3.	विभेदन (Resolution) अर्थात् मापित राशि के दो मानों के मध्य न्यूनतम पाठ्यांक प्रदान करने की यन्त्र की क्षमता	इन यन्त्रों की क्षमता सामान्यतः एक भाग के सौवें भाग (One Part in Several Hundred) तक होती है। उदाहरणतः 1 V रेन्ज का यन्त्र न्यूनतम 0.01 V तक ही पढ़ सकता है।	डिजिटल उपकरणों का विभेदन अपेक्षाकृत अति उच्च होता है। ये उपकरण, एक भाग के कई हजारों (Micro) तक में विभेदन कर सकते हैं। उदाहरणतः 1 V रेन्ज का डिजिटल उपकरण सामान्यतः $1 \mu V (= 10^{-6} V)$ तक शुद्ध पाठ्यांक प्रदान कर सकता है।

4.	हैन्डलिंग (Handling)	ये यन्त्र अपेक्षाकृत काफी दृढ़ होते हैं तथा इनके प्रचालन के लिए अलग से पावर प्रदान करने की आवश्यकता नहीं होती है, अतः इन्हें एक स्थान से दूसरे स्थान पर कार्य के लिए सरलता से ले जाया जा सकता है अर्थात् एनालॉग यन्त्र पूर्णतया सुवाह्य (Portable) होते हैं।	इस प्रकार के यन्त्रों में प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों के प्रचालन के लिए DC बायस की आवश्यकता होती है जिसके लिए यन्त्र के अन्दर ही आवश्यक निम्न (Low) DC विभव प्रदान करने वाली रेगुलेटेड पावर सप्लाई निर्मित रहती है। अतः ऐसे डिजिटल यन्त्रों को बाहर से AC विद्युत पावर देने की आवश्यकता होती है, जिसके कारण इन्हें उन स्थानों पर उपयोग नहीं किया जा सकता है, जहाँ पर AC मेन पावर सप्लाई न हो अर्थात् ये यन्त्र कम सुवाह्य होते हैं। परन्तु आधुनिक कुछ डिजिटल उपकरण (जैसे कि डिजिटल मल्टीमीटर इत्यादि) जो कि कम पावर के सेल से प्रचालित हो सकते हैं उन्हें सरलता से एक स्थान से दूसरे स्थान पर प्रयोग के लिए ले जाया जा सकता है।
5.	वातावरण का प्रभाव (Effect of Environment)	इस प्रकार के यन्त्रों की कार्य प्रणाली अपेक्षाकृत सरल होती है तथा सामान्यतः ये वातावरण की बहुत बड़ी सीमा में सुचारु रूप से अपना कार्य कर सकते हैं।	इस प्रकार के यन्त्रों में प्रयुक्त लगभग सभी युक्तियों के कार्य पर वातावरण के ताप, आर्द्रता (Humidity) इत्यादि का प्रभाव पड़ता है। अतः डिजिटल यन्त्रों के प्रचालन के लिए उपयुक्त वातावरण का होना आवश्यक है।
6.	मापन त्रुटियाँ (Measurement Errors)	इनमें गतिशील भागों के होने के कारण, इन पर गति के कारण होने वाली त्रुटियों का प्रभाव पड़ सकता है।	इनमें कोई गतिशील भाग न होने के कारण, इनमें गति के कारण होने वाली त्रुटियाँ नहीं होती हैं।
7.	मूल्य तथा भार (Cost and Weight)	अपेक्षाकृत इनका मूल्य कम होता है परन्तु भार अधिक होता है।	इनका मूल्य अधिक होता है परन्तु भार कम होता है। डिजिटल उपकरणों में तकनीकी विकास के साथ-साथ इनका मूल्य कम हुआ है तथा भविष्य में इनका मूल्य और कम होने की आशा है। भविष्य में इनके आकार एवं भार में भी और कमी आने की आशा है।
8.	पाठ्यांक सीमा तथा ध्रुवता (Reading Range and Polarity)	इस प्रकार के उपकरण, लगभग सभी आवश्यक रेन्ज में उपलब्ध हैं। कुछ एनालॉग यन्त्र AC एवं DC दोनों में सामान्य रूप से प्रचालित होते हैं। इनमें अतिभार (Over-load), ध्रुवता, ओवर रेन्ज आदि संकेत (Indications) प्रायः नहीं होते हैं। DC एनालॉग यन्त्रों में ध्रुवता विपरीत संयोजित हो जाने पर, यन्त्र का संकेतक (indicator) विपरीत दिशा में गति (Move) करता है तथा राशि का उचित पाठ्यांक प्राप्त करने के लिए, यन्त्र की टर्मिनलों पर संयोजित संयोजनों (Connections) को परस्पर बदलना पड़ता है।	डिजिटल उपकरणों की इनपुट विभव रेन्ज ± 1.000000 V से ± 1000.000 V तक होती है। इनका प्रचालन एवं मापन DC विभव इनपुट पर आधारित होता है। अतः इस प्रकार के उपकरणों में AC राशि के मापन के लिए, उपकरण के अन्दर प्रारम्भ में AC से DC परिवर्तक (Converter) परिपथ विद्यमान रहता है। अधिकांश डिजिटल यन्त्रों में ध्रुवता एवं रेन्ज को स्वतः चयन (Automatic Polarity and Range Selection) की क्षमता होती है। इसके अतिरिक्त अधिकांश यन्त्रों में ओवर-लोड एवं ओवर-रेन्ज संकेत जिससे होने की सुविधा रहती है।

9.	प्रेक्षण त्रुटियाँ (Observation Errors)	इसमें मापन करने वाला व्यक्ति, एक एनालॉग में डिजिटल परिवर्तक (A/D Converter) की भाँति कार्य करता है जिससे प्रेक्षण सम्बन्धी त्रुटियाँ होने की सम्भावना होती है, जैसे कि—पैरेलैक्स त्रुटियाँ [Parallax Errors पाठ्यांक लेते समय संकेतक (Pointer), संकेतक बिम्ब (Pointer's Image) तथा आरेख का एक सीध में होना आवश्यक है], क्षेपक त्रुटियाँ अच्छी आँख तथा दक्षता (Skillness) की आवश्यकता इत्यादि। इसके अतिरिक्त, एनालॉग यन्त्रो मे शुद्ध पाठ्यांक लेने मे समय अधिक लगता है।	डिजिटल यन्त्रो में पैरेलैक्स तथा क्षेपक त्रुटियाँ नहीं होती हैं। इस प्रकार के यन्त्र, मापी गई राशि को डिसप्ले युक्तियों द्वारा सीधे डेसीमल अंको (Digital Digits) में प्रदर्शित करते है जिन्हें सरलता से पढ़ा जा सकता है।
10.	स्थायित्व (Stability)	इस प्रकार के यन्त्रो का स्थायित्व समय पर आधारित नहीं होता है।	डिजिटल यन्त्रों का स्थायित्व समय पर आधारित निम्न दो प्रकार का होता है— • लघु टर्म (Short Term) • दीर्घ टर्म (Long Term) उदाहरण के लिए—एक डिजिटल यन्त्र का **लघु टर्म स्थायित्व** 24 Hrs समय के लिए पाठ्यांक का 0.002% है तो **दीर्घ टर्म स्थायित्व** 6 Month समय के लिए पाठ्यांक का 0.008% है।

प्रश्न 2. डिजिटल बहुलमापी पर टिप्पणी लिखिए। (2013)

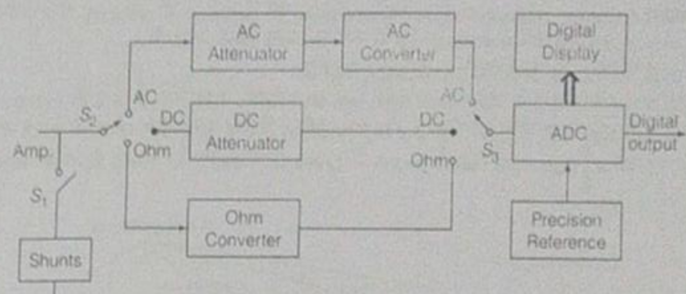
अथवा आंकिक मल्टीमीटर का परिचय दीजिए।

अथवा डिजिटल मल्टीमीटर पर टिप्पणी लिखिए। (2016)

अथवा डिजिटल मीटर का परिचय दीजिए। (2018)

उत्तर **डिजिटल मल्टीमीटर** Digital Multimeter; DMM एक DMM द्वारा सामान्यत: DC विभव, AC विभव, DC धारा, AC धारा एवं प्रतिरोध राशियों का मापन किया जा सकता है। परन्तु एक समय पर DMM द्वारा केवल एक ही राशि का मापन किया जा सकता है। यह मीटर, इन राशियों के मानों को अंकों में डिजिटल डिस्प्ले द्वारा प्रदर्शित करता है। डिजिटल मल्टीमीटर निर्माताओ द्वारा DMM के निर्माण में कई प्रकार की तकनीक (techniques) प्रयोग की जाती हैं परन्तु सभी का मूल सिद्धान्त एक समान ही होता है जोकि निम्न प्रकार से है—

जिस विद्युत राशि का मापन करना होता है, सर्वप्रथम उस राशि के मान के समानुपाती विभव राशि में रूपान्तरण (transfer) किया जाता है। यदि मापन की जाने वाली राशि AC विभव है अथवा AC धारा का रूपान्तरण AC विभव में प्राप्त है तो उसे एक उच्च गुणवत्ता वाले दिष्टकारी (Rectifier) से DC विभव में परिवर्तित कर लेते हैं। इस प्रकार, मापन की जाने वाली राशि के समानुपाती प्राप्त DC विभव को किसी एक डिजिटल वोल्टमीटर (DVM) द्वारा मापा जाता है। DMM में राशियों के मापन के लिए आवश्यकतानुसार उपयुक्त तनुकारी (attenuator) का प्रयोग किया जाता है। DMM के आउटपुट पर प्राप्त राशि के पाठ्यांक में उच्च परिशुद्धता (precision) प्राप्त करने के लिए तनुकारी, ताप की अधिक बड़ी सीमा तक उच्च यथार्थता (high accuracy) वाले होने चाहिए।



चित्र 6.1 डिजिटल मल्टीमीटर का सरल ब्लॉक चित्र

डिजिटल मल्टीमीटर का कार्य सिद्धान्त डिजिटल मल्टीमीटर में एक सैलेक्शन स्विच होता है जो निम्न सैलेक्शन कर सकता है—

Off, V (dc volts,) Ω (resistance), A (ac mA), A (dc mA) इसमें तीन connecting terminal होते हैं—जिनको COM (common), V/Ω (voltage or ohms) तथा A (current) टर्मिनल कहा जाता है। V/Ω तथा COM के मध्य voltage व resistance measurement किये जाते हैं। current मापन हेतु A व COM टर्मिनल use किये जाते हैं। DMM में धारा व प्रतिरोध मापन के सिद्धान्त व विधियाँ एनालॉग इलेक्ट्रॉनिक मल्टीमीटर्स के समान होती हैं। राशि को वोल्टेज में कनवर्ट करके DVM परिपथ द्वारा measure किया जाता है।

DMM का ब्लॉक डायग्राम चित्र 6.1 में प्रदर्शित है। AC इनपुट को ADC में apply करने से पहले उसे dc में कनवर्ट किया जाता है। प्रतिरोध मापन हेतु भी एक Converter प्रयुक्त है, जो प्रतिरोध में एक धारा का प्रवाह कराता है। प्रतिरोध पर उत्पन्न वोल्टेज प्रतिरोध के समानुपाती होती है। एम्पीयर की रेन्ज को बढ़ाने हेतु शंट प्रयोग किये गये हैं। S_1 व S_2 साथ gauged हैं।

DMM का performance उसके ADC की accuracy व resolution पर निर्भर करता है। कम कीमत वाले DMM सिंगल चिप $3\frac{1}{2}$ digit ADC व उच्च precision वाली DMM $\left(5\frac{1}{2} \text{ व } 6\frac{1}{2}\right)$ माइक्रोप्रोसेसर कन्ट्रोल्ड discrete ADC use करते हैं।

DMM का input प्रतिरोध बहुत उच्च तथा accuracy व resolution बेहतर होते हैं। इनमें autoranging, autopolarity व auto zero की सुविधा भी होती है।

प्रश्न 3. डिजिटल मीटर की विशेषताएँ बताइए। (2014)

उत्तर **डिजिटल मीटर के अभिलक्षण** Characteristics of Digital Meter

1. **विभेदन** Resolution डिजिटल मीटर में डिजिट्स की संख्या उसकी resolution को व्यक्त करती है। उदाहरणत:, एक तीन डिजिट डिसप्ले वोल्टमीटर की range यदि 0–1 V है तो display 000 mV से 999 mV तक होगा। अत:, इसका smallest increment या resolution 1 mV होगी

   सामान्यत:, एक अन्तिम डिजिट (जिसको half digit भी कहते हैं), active digits से left में रखा जाता है। यह केवल 0 या 1 indicate कर सकता है। अत:, जहाँ 3 डिजिट वाला मीटर 000 से 999 mV तक read करेगा वहीं $3\frac{1}{2}$ digit वाला मीटर 0000 से 1999 mV तक read करेगा। इसको over ranging कहा जाता है।

   यदि n = no. of full digits

   तो $$\text{Resolution} = \frac{1}{10^n} \text{ या 1 part in } 10^n$$

2. **सेन्सिटिविटी** Sensitivity इनपुट की वह smallest range जिसको डिजिटल मीटर डिटैक्ट कर सके, उसकी Sensitivity कहलाती है। अत: यदि मीटर की lowest voltage range की full scale value $(FS)_{min}$ है तथा resolution R है तो

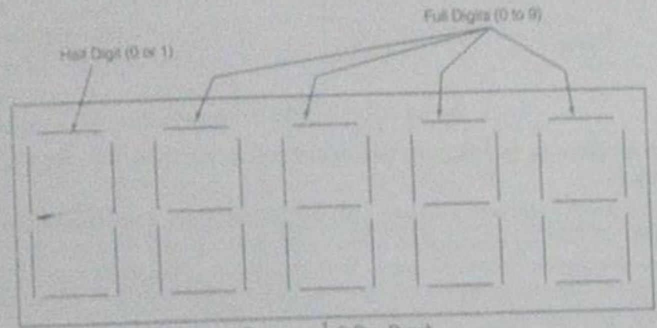
$$\text{Sensitivity} = (FS)_{min} \times R$$

Scanned with CamScanner

3. **यथार्थता** Accuracy Measured value तथा true value की closeness को accuracy द्वारा दर्शाया जाता है तथा इसे measured value की percentage (±) के रूप में व्यक्त किया जाता है।

प्रश्न 4. 'अर्द्ध डिजिट' या 'हाफ डिजिट' से क्या तात्पर्य है?

उत्तर डिजिटल मल्टीमीटर्स के डिसप्ले का सबसे left वाला डिजिट सामान्यत: 0 या 1 ही Indicate कर सकता है और इसको half digit कहा जाता है (चित्र 6.2)। अत: यदि 4 डिजिट मल्टीमीटर 0000 से 9999 तक डिसप्ले कर सकता है, तो वहीं $4\frac{1}{2}$ digit वाला डिसप्ले 00000 से 19999 तक डिसप्ले कर सकता है। इसको overranging कहा जाता है।



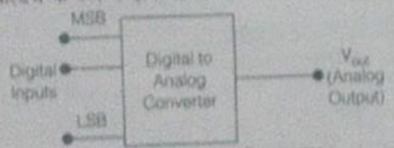
चित्र 6.2 $4\frac{1}{2}$ डिजिट डिसप्ले

प्रश्न 5. डिजिटल से एनालॉग (D/A) परिवर्तन की कार्य प्रणाली का विस्तार से वर्णन कीजिए। (2013)

उत्तर **डिजिटल टू एनालॉग कनवर्जन** D/A कनवर्जन वह प्रक्रिया है जिसके द्वारा डिजिटल इनपुट (BCD या बाइनरी) को समनुपाती एनालॉग वोल्टेज या धारा में परिवर्तित किया जाता है, अर्थात्

$$\text{analog output} = K \times \text{digital input}$$

जहाँ K proportionality factor है तथा किसी DAC के लिए इसका मान नियत रहता है। चूँकि एनालॉग आउटपुट धारा या वोल्टेज के रूप में होती है, अत: यदि एनालॉग आउटपुट धारा के रूप में होगी तो K धारा के मात्रक में व्यक्त होगा तथा यदि एनालॉग आउटपुट वोल्टेज के रूप में होगी तो K वोल्टेज के मात्रक में व्यक्त होगा।

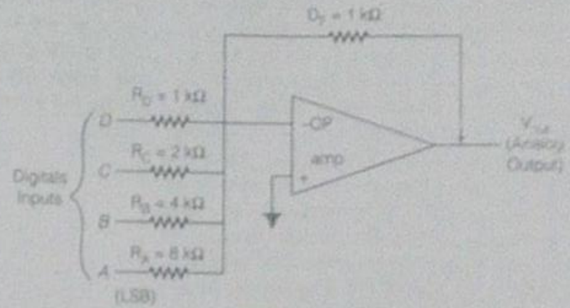


चित्र 6.3 (a) DAC का ब्लॉक डायग्राम

बाइनरी-भारित प्रतिरोधों द्वारा बना DAC परिपथ ऑपरेशनल प्रवर्धक के योगकारी परिपथ (summing circuit) की सहायता से DAC परिपथ बनाया जा सकता है, जहाँ इनपुट प्रतिरोधों के मान बाइनरी progression के अनुसार रखे जाते हैं। इसमें A, B, C, D बाइनरी इनपुट हैं तथा logic 1 या logic 0 हेतु इनको क्रमश: 5 V तथा 0 V वोल्टेज दी जाती है। ऑपरेशनल प्रवर्धक की आउटपुट पर प्राप्त एनालॉग वोल्टेज

$$V_{out} = -\left(V_D + \frac{1}{2}V_C + \frac{1}{4}V_B + \frac{1}{8}V_A\right)$$

यहाँ निगेटिव साइन इसलिए है क्योंकि ऑप-एम्प इनवर्टिंग मोड में लगा है, किन्तु इससे DAC की working पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा।



चित्र 6.3 (b)

प्रश्न 6. डिजिटल मल्टीमीटर्स की धारणाएँ (Specifications) लिखें। (2011)

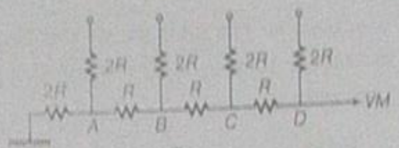
उत्तर **डिजिटल मल्टीमीटर की धारणाएँ** Specifications of a Digital Multimeter एक विशेष $4\frac{1}{2}$ Digit DMM के स्पेसिफिकेशन्स निम्न प्रकार से है—

DC Voltage के लिए	
Five Ranges	From ± 200 mV to ± 1000 V
Resolution	10 μV on Lowest Range
Accuracy	± 0.03% of Reading
AC Voltage के लिए	
Five Ranges	From 200 mV to 750 V
Resolution	10 μV on Lowest Range
Accuracy	Frequency Dependent, Best Accuracy of 0.5%
DC Current के लिए	
Five Ranges	± 200 μA to ± 2.0 A
Resolution	± 0.01 μA on Lowest Range
Accuracy	± 0.3% of Reading
AC Current के लिए	
Five Ranges	200 μA to 2.0 A
Accuracy	Frequency Dependent, Best Accuracy of ± 1%
Max. Frequency	2 kHz on All Ranges
Resistance के लिए	
Six Ranges	From 200 Ω to 20 MΩ
Accuracy	± 0.1% of Reading + 0.01 Ω on Lowest Range

प्रश्न 7. एक एनालॉग सिगनल, डिजिटल सिगनल में कैसे बदला जाता है? अधिकतर प्रयुक्त होने वाली एक विधि बताइए। (2012)

अथवा **एनालॉग सिगनल को डिजिटल सिगनल में कैसे बदला जाता है?** (2017)

उत्तर **एनालॉग से डिजिटल परिवर्तन** डिजिटल सिगनल प्रोसेसिंग में प्रोसेसर चूँकि केवल बाइनरी कोडेड संख्याओं पर operation करता है अत: हमें analog संकेतों में बदलना पड़ता है। मुख्य रूप से दो प्रकार के A/D converters का प्रयोग किया जाता है—एक परिवर्ती रजिस्टर नेटवर्क तथा दूसरा बाइनरी लैडर नेटवर्क। यहाँ पर एक बाइनरी ladder A/D converter आगे दिखाया गया है

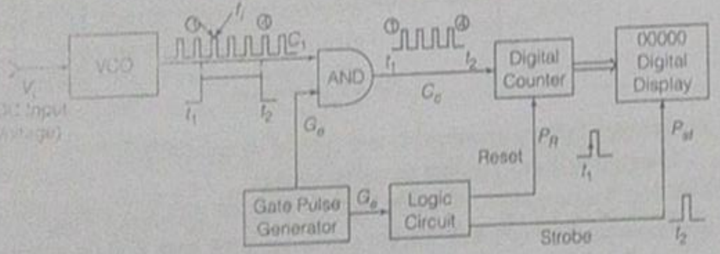


चित्र 6.4

Binary Ladder एक प्रतिरोधी नेटवर्क होता है, जिसका आउटपुट वोल्टेज डिजिटल इनपुटों के उपयुक्त weighted योग के बराबर होता है। चित्र 6.4 में दिखाया गया ladder 4-bit के लिए डिजाइन किया गया है। इसमें केवल दो मानों के प्रतिरोधों का उपयोग किया जाता है।

प्रश्न 9. उचित ब्लॉक आरेख देते हुए इन्टीग्रेटिंग टाइप डिजिटल वोल्टमीटर की कार्यविधि का वर्णन कीजिए।

उत्तर **इन्टीग्रेटिंग प्रकार का डिजिटल वोल्टमीटर** Integrating Type Digital Voltmeter इस प्रकार के मीटर के सरल ब्लॉक आरेख को चित्र 6.5 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें विभव नियन्त्रित दोलित्र (Voltage Control Oscillator; VCO) के आउटपुट पर पल्सें (C_i) प्राप्त होती है जिनकी आवृत्ति (f_i), प्रयुक्त अज्ञात DC इनपुट विभव (V_i) के समानुपाती ($f_i \propto V_i$) होती है। एक गेट पल्स जेनरेटर द्वारा एक निश्चित समय-अन्तराल (T) की पल्स (G_e) उत्पन्न की जाती है जोकि इस T समय के लिए AND गेट को इनेबल (enable) अर्थात् open कर देता है। यह (G_e) पल्स लॉजिक परिपथ में भी प्रयुक्त की जाती है जोकि G_e पल्स के प्रारम्भ (t_1 समय) पर एक संकीर्ण (narrow) पल्स, P_R उत्पन्न करता है। यह पल्स काउण्टर को शून्य पर रिसेट कर देती है। इस T अवधि में काउण्टर, AND गेट के आउटपुट पर c_c पल्सों की गणना करता है तथा T समय के अन्त में (t_2 समय पर), काउण्टर के इनपुट पर पल्सें प्राप्त होना बन्द हो जाती है। काउण्टर में अन्तिम गणना स्टोर रहती है। G_e पल्स के अन्त में (t_2 समय पर) लॉजिक परिपथ एक स्ट्रोब पल्स, P_{st} उत्पन्न करता है जोकि डिजिटल डिस्प्ले के लिए, काउण्टर को readout करने का निर्देश होता है। इस प्रकार, डिजिटल डिस्प्ले में इनपुट विभव, V_i का आयाम डेसीमल में प्रदर्शित (display) होता है।

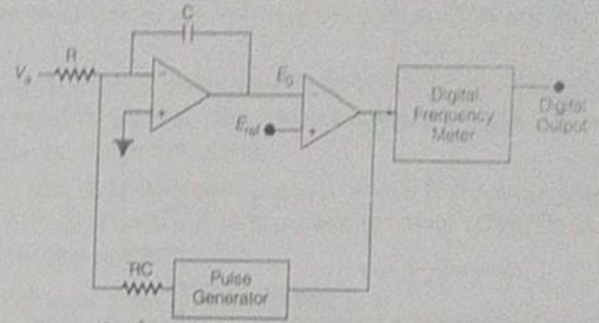


चित्र 6.5 A Simple Block Diagram of the Integrating Type DVM

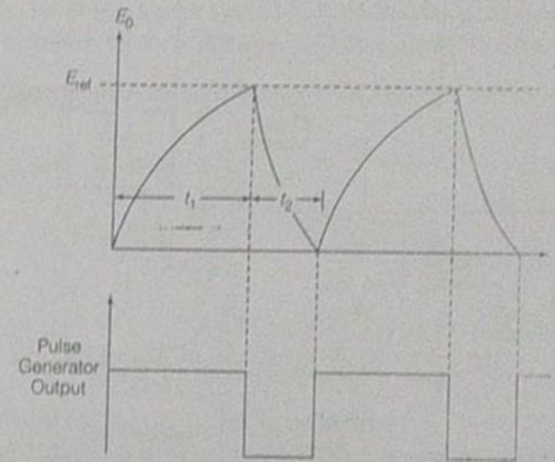
प्रश्न 8. समाकलन टाइप अंकीय विभवमापक की कार्यविधि का वर्णन कीजिए।

अथवा **इंटीग्रेटिंग प्रकार के डिजिटल वोल्टतामापी के बारे में बताइए।**

उत्तर **इंटीग्रेटिंग टाइप डिजिटल वोल्टमीटर** Integrating Type DVM इंटीग्रेटिंग टाइप DVM में constant input voltage को इंटीग्रेट किया जाता है तथा जब output ramp का slope इनपुट वोल्टेज के समानुपाती होता है तब output वोल्टेज एक निर्धारित मान तक पहुँच जाती है, इसको फिर से 0 पर discharge कर दिया जाता है तथा नयी cycle शुरू हो जाती है। अतः आउटपुट तरंग की आवृत्ति इनपुट वोल्टेज के समानुपाती होती है।



चित्र 6.6 (a) इंटीग्रेटिंग टाइप DVM का ब्लॉक डायग्राम



चित्र 6.6 (b)

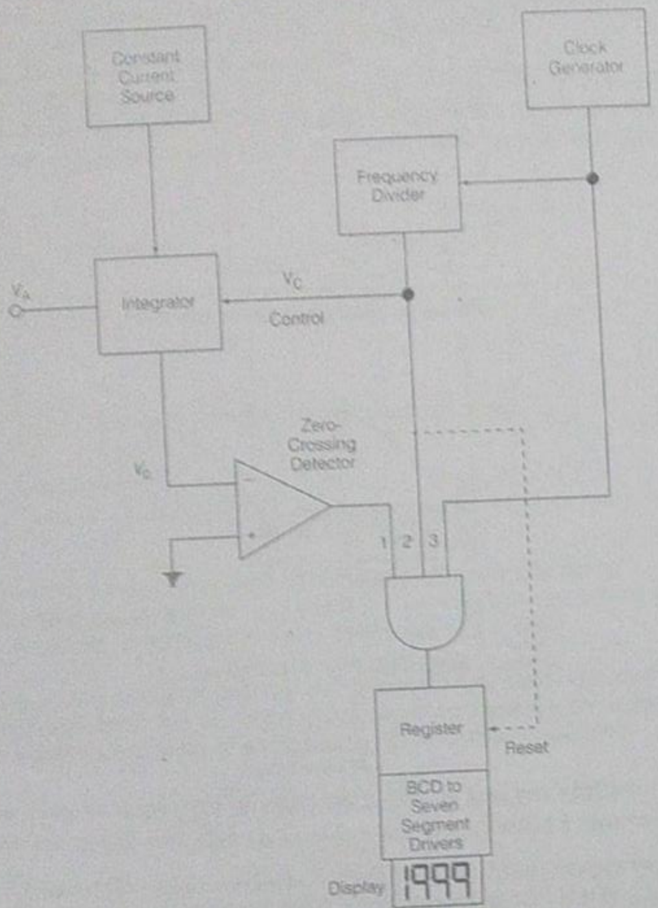
चित्र 6.6 (a) में इंटीग्रेटिंग टाइप DVM का ब्लॉक डायग्राम प्रदर्शित है। इनपुट वोल्टेज एक चार्जिंग धारा (charging current) उत्पन्न करती है जिसकी value $\frac{V_a}{R}$ होती है (चित्र 6.6 (b) देखें)। इससे कैपेसिटर चार्ज होने लगता है व इंटीग्रेटर की आउटपुट बढ़ने लगती है। जैसे ही यह वोल्टेज E_0 reference voltage E_{ref} को पार करती है, comparator का state change हो जाता है जिससे पल्स जनरेटर ट्रिगर हो जाता है तथा कैपेसिटर को discharge कर देता है। अतः charging/discharging के कारण उत्पन्न waveform की आवृत्ति इनपुट सिगनल के proportional होती है।

प्रश्न 10. एक ड्यूअल स्लोप इंटीग्रेटिंग टाइप डिजिटल वोल्टमापी की कार्यप्रणाली समझाइए।

अथवा **ड्यूअल-स्लोप प्रकार के डिजिटल वोल्टमीटर के बारे में उल्लेख कीजिए।** (2015, 16)

उत्तर **ड्यूअल स्लोप इंटीग्रेटिंग टाइप डिजिटल वोल्टमीटर** Dual Slope Integrating Type DVM रैम्प टाइप DVM की accuracy हेतु precise ramps व precise time periods आवश्यक है, किन्तु व्यावहारिक तौर पर ऐसा सम्भव नहीं हो पाता। ड्यूअल स्लोप टाइप इंटीग्रेटर DVM में ऐसी कोई restriction नहीं है तथा यह एक special ramp generator (इंटीग्रेटर) का प्रयोग करता है। इंटीग्रेटर का कैपेसिटर पहले तो एनालॉग इनपुट द्वारा चार्ज होता है तथा फिर एक constant rate से डिस्चार्ज होता है जिससे प्राप्त टाइम पीरियड को डिजिटल तरीके में माप लिया जाता है। चूँकि इस DVM में दो slopes होती हैं (charging and discharging) अतः, इसका नाम dual-slope रखा गया है।

Scanned with CamScanner

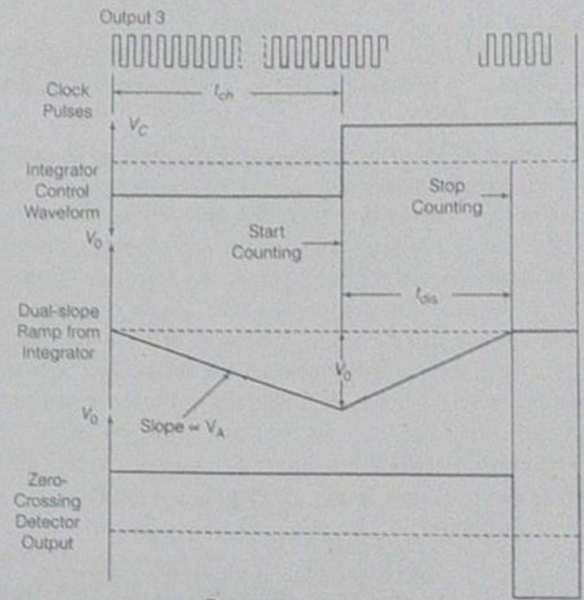


चित्र 6.7 (a) एक ड्युअल स्लोप इंटीग्रेटर DVM

ड्युअल स्लोप इंटीग्रेटर चित्र 6.7 (a) में प्रदर्शित है। समय t_{ch} में integrator का कैपेसिटर इनपुट V_A द्वारा निगेटिव चार्ज हो जाता है (producing a negative going ramp)। इससे इंटीग्रेटर के आउटपुट पर उत्पन्न वोल्टेज V_o इनपुट V_A को समानुपाती होती है। अब constant current source को स्विच करके capacitor को discharge किया जाता है, जिससे Positive going ramp उत्पन्न होती है।

इंटीग्रेटर को निगेटिव वोल्टेज कम्पेरेटर (जिसको इस स्थिति में zero crossing detector भी कहा जा सकता है) आउटपुट पर high (अर्थात् positive) output देगा तथा positive going ramp के अंत में (तब ramp zero cross कर जायेगी) low output देगा। अतः AND गेट की inputs 1 तथा 2 एक साथ केवल टाइम t_{dis} के लिए ही high होंगी। इसलिए, t_{dis} टाइम के लिए ही pulses AND gate से pass होंगी। t_{dis} के शुरू होते ही काउण्टर को control wave की

positive going edge द्वारा reset (zero) कर दिया जायेगा तथा इस प्रकार counter की count time t_{dis} का डिजिटल माप होगी। चूँकि t_{dis}, V_o के समानुपाती है तथा V_o, V_A के समानुपाती है, ($t_{dis} \propto V_o$ and $V_o \propto V_A$) अतः काउण्टर आउटपुट V_A का डिजिटल माप दर्शाता है।



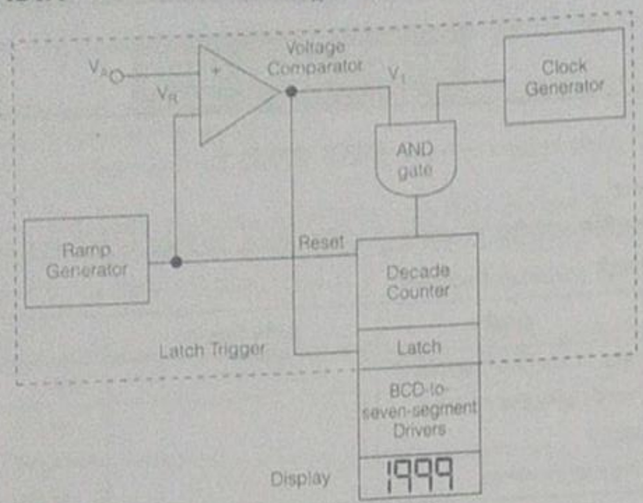
चित्र 6.7 (b) Waveforms

प्रश्न 11. रैम्प टाइप डिजिटल वोल्टमीटर्स के कार्य सिद्धान्त का वर्णन कीजिए।

अथवा **रैम्प टाइप डिजिटल वोल्टमीटर का उल्लेख कीजिए।** (2014)

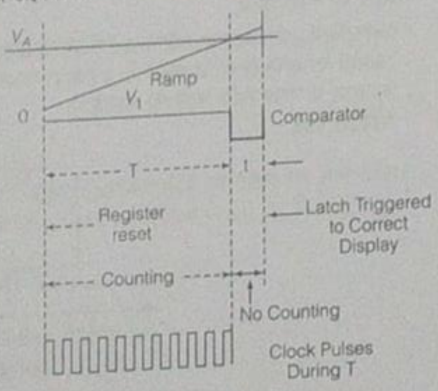
उत्तर चित्र 6.8 (a) में ramp type ADC को प्रदर्शित किया गया है। इसे रैम्प टाइप ADC इसलिए कहा जाता है क्योंकि यह एक ramp generator का उपयोग करके एक ऐसा time period उत्पन्न करता है जो कि एनालॉग इनपुट वोल्टेज के proportional होता है चित्र 6.8 (b) देखें। रैम्प वोल्टेज ग्राउन्ड लेवल से शुरू होती है तथा एक constant rate से increase करती है। रैम्प वोल्टेज V_R को कम्पेयरेटर (OP-amp) के इनवर्टिंग इनपुट को फीड किया जाता है जबकि एनालॉग इनपुट V_A को नॉन इनवर्टिंग टर्मिनल पर apply किया जाता है। जब तक रैम्प वोल्टेज (V_R) का मान V_A से कम है, कम्पेयरेटर की आउटपुट high रहेगी। अतः AND gate clocks को pass करता रहेगा तथा counter की count बढ़ती रहेगी। जैसे ही V_R का मान V_A को पार करेगा, कम्पेयरेटर की आउटपुट low हो जायेगी, AND gate पल्स pass करना बंद कर देगा तथा counter की गिनती बढ़ना बंद हो जायेगी। अतः time T एनालॉग इनपुट V_A के समानुपाती होगा $T \propto V_A$।

अतः प्राप्त डिजिटल आउटपुट (counter पर), एनालॉग इनपुट का डिजिटल समतुल्य होगा। रैम्प के अन्त में प्रदर्शित negative edge counter को reset करके next counting हेतु तैयार करती है।



चित्र 6.8 (a) रैम्प टाइप DVM

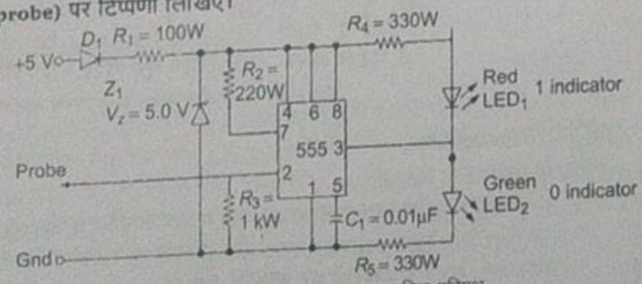
काउण्टर रीड-आउट Counter Readout रैम्प टाइप DVM में रैम्प टाइप ADC के साथ-साथ कुछ सहायक circuitry भी प्रयुक्त हैं। काउण्टिंग सर्किट, BCD-to-seven segment decoder/driver, digital read out मिलकर DVM का कार्य पूरा करते हैं। लैच डिसप्ले परिपथ को counting के समय isolate करती है तथा counting पूर्ण होने पर result को store करती है। साधारण शब्दों में, इस प्रकार के DVM में एनालॉग इनपुट को comparator के नॉन इनवर्टिंग टर्मिनल पर फीड किया जाता है तथा इनवर्टिंग टर्मिनल पर एक ramp शून्य से बढ़ना प्रारम्भ करती है। इस स्थिति में गेट enabled (AND gate) रहता है तथा pulse generator counter में पल्सों को फेंकता रहता है। जैसे ही ramp की value analog इनपुट के बराबर हो जाती है, गेट disabled हो जाता है, तथा पल्सें पास होना बंद हो जाती हैं। अतः counter पर प्राप्त पल्सों (count) की संख्या analog input के proportional होती है।



चित्र 6.8 (b) Waveforms

प्रश्न 12. लॉजिक प्रोब (Logic probe) पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर लॉजिक प्रोब एक पैन की आकृति की टेस्ट यंत्र होती है, जो कि किसी प्वॉइंट पर टच करने पर Logic high (1) या Logic low (o) के बारे में जानकारी देता है। डिजिटल परिपथों में Texture हेतु use किये जाने वाला यह equipment TTL व CMOS पर कार्य कर सकता है।



चित्र 6.9 लॉजिक प्रोब का व्यावहारिक परिपथ

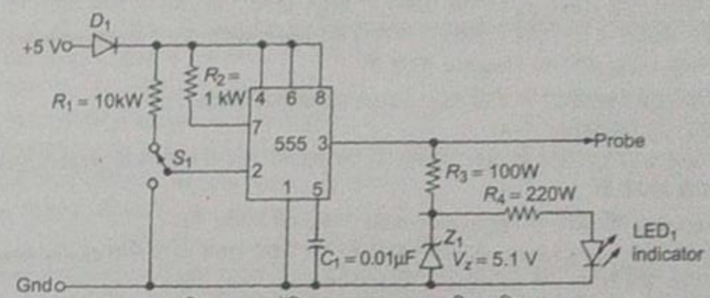
यहाँ प्रोब पर तीन अलग-अलग रंग की LED लगी होती हैं। लाल तथा हरे रंग की LED High तथा low state को indicate करती है।

जब लॉजिक प्रोब invalid logic level से संयोजित होता है या प्रोब किसी से भी connect नहीं होता है तो कोई भी LED glow नहीं करती है। एक लॉजिक प्रोब सस्ता, सुविधा जनक तथा बहुमुखी डिजिटल टेस्ट equipment होता है। लेकिन यह एक समय में केवल एक सिगनल टेस्ट करता है।

लॉजिक प्रोब का प्रयोग सामान्यतः किसी भी विद्युत (electronic) परिपथ के किसी Particular point पर लॉजिक state को चैक करना होता है तथा यह परिपथ के fault को भी test करता है। सामान्यतः लॉजिक प्रोब TTL तथा CMOS logic families के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

प्रश्न 13. लॉजिक पल्सर (Logic pulser) पर टिप्पणी लिखिए।

उत्तर लॉजिक पल्सर लॉजिक सर्किट में सिगनल inject करने हेतु use किया जाता है। लॉजिक पल्सर द्वारा IC में (या circuit में) Logic high (1) या logic low (0) inject किया जा सकता है तथा IC को remove करने या सर्किट को break करने की भी आवश्यकता नहीं पड़ती। चित्र 6.10 में लॉजिक Pulse का व्यावहारिक परिपथ प्रदर्शित है।



चित्र 6.10 लॉजिक पल्सर का व्यावहारिक परिपथ

प्रश्न 14. लॉजिक एनालाइजर (Logic Analyser) की व्याख्या कीजिए।

उत्तर किसी logic signal का state (high या low) देखने के लिये logic probe का use किया जाता है। किन्तु logic probe एक समय में केवल एक signal का state देख सकती है तथा किसी लॉजिक सिगनल का record store करना (for a period of time) तो उसके बस में नहीं है। ऐसे में, यदि किसी microprocessor, bus structured system की testing के समय, जब सभी Buses का state आप एकसाथ देखना चाहते हो, तो logic probe इसमें आपकी कोई खास मदद नहीं कर पायेगी। इन सब समस्याओं का निदान करता है लॉजिक एनालाइजर, जिसके द्वारा कई channels का Logic State एकसाथ Sense किया जा सकता है तथा Memory में Store किया जा सकता है।

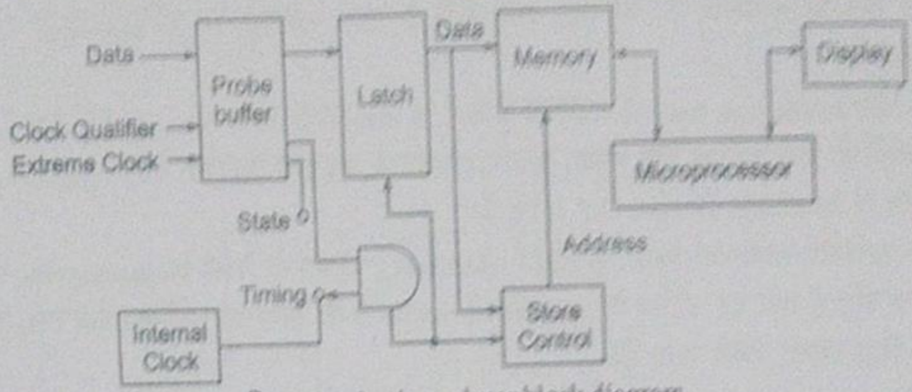
लॉजिक एनालाइजर निम्नलिखित दो प्रकार का होता है—

(i) लॉजिक टाइमिंग एनालाइजर (logic timing analyser) जो कि waveform की sampling तथा storage करती है। इसको asynchronous measurement कहते हैं।

(ii) लॉजिक स्टेट एनालाइजर (logic state analyser) जो कि circuit under test से प्राप्त सिगनल को clock की तरह use करता है तथा इस clock से ही यह पता चलता है कि logic signal memory में कब स्टोर होते हैं। अत इसको Synchronous Measurement कहते हैं।

आधुनिक logic analyser में ये दोनों unit एक ही logic analyser में combined होते हैं। ऐसा एक लॉजिक analyser चित्र 6.11 में प्रदर्शित है।

Scanned with CamScanner



चित्र 6.11 Logic analyser block diagram

प्रश्न 15. सिग्नेचर एनालाइजर (Signature Analyser) पर लेख लिखिए।

उत्तर सिग्नेचर एनालाइजर का प्रयोग Electronic circuit board तथा इलेक्ट्रॉनिक Components की troubleshooting में किया जाता है। इसके लिए AC Sinewave को Electronic component के दोनों सिरों पर प्रयुक्त किया जाता है तथा Resulting धारा/वोल्टता Waveform सिग्नेचर डिस्प्ले पर प्रस्तुत की जाती है। इसमें ऊर्ध्वाधर विक्षेप धारा के लिए तथा क्षैतिज विक्षेप वोल्टता के लिए होता है। सिग्नेचर एनालाइजर good circuit board तथा suspect board का तुलनात्मक विश्लेषण करके faults आदि को identified करता है।

प्रश्न 16. डिजिटल मल्टीमीटर के दोषों (Limitations) का वर्णन कीजिए।

उत्तर इसके दोष निम्नलिखित हैं—

(i) इसमें वोल्टता की एक सीमा है। अगर वोल्टता को एक निश्चित स्तर से बढ़ायेंगे तो DMM (Digital multimeter) खराब हो सकता है।

(ii) Analog meter की तुलना में Digital multimeter ज्यादा महँगा होता है।

(iii) DMM की LCD display battery पर निर्भर करती है। यदि बैटरी खराब हो तो LCD display glow नहीं करेगी या बैटरी Low होने के case में display dim हो जायेगी।

(iv) DMM, manufacturer specified range के अन्तर्गत ही प्रयोग में लाना चाहिए।