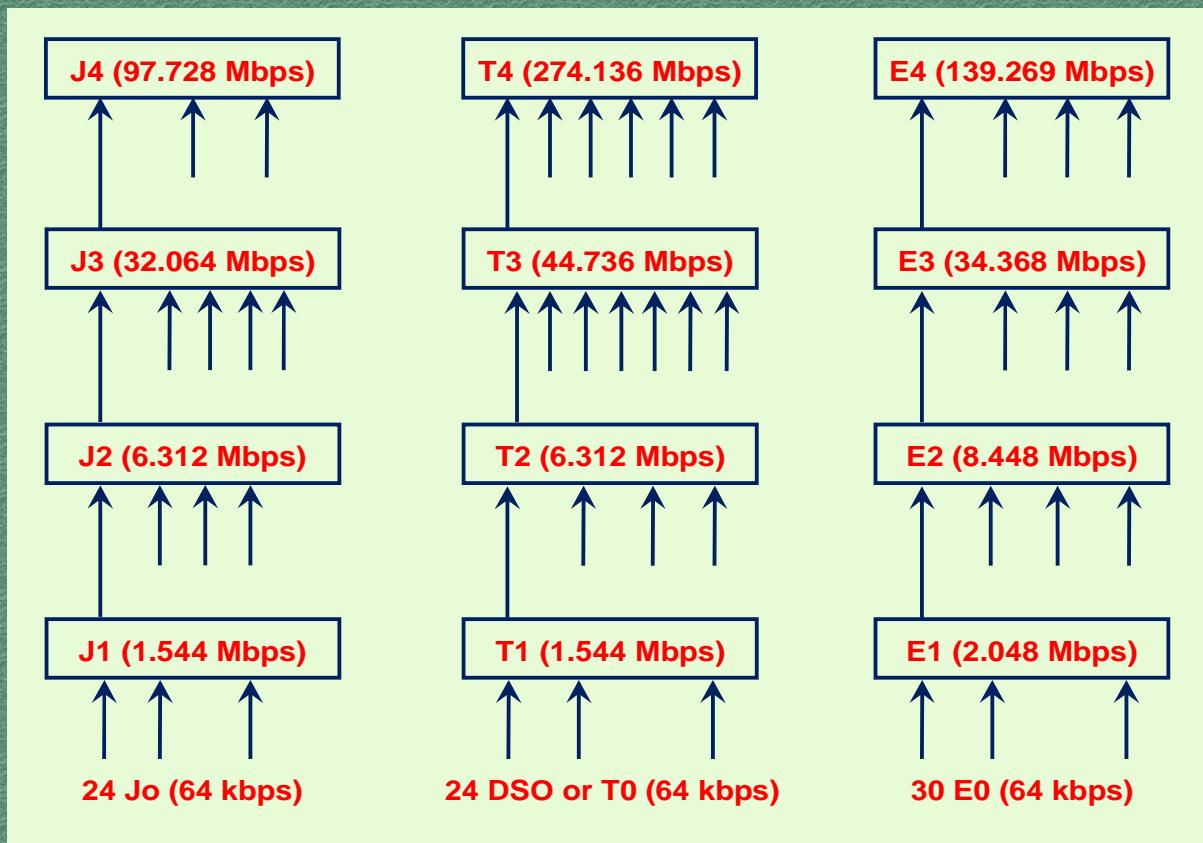




टी.सी.टी. 2

पी.डी.एच. प्रिंसिपल्स्



भारतीय रेल सिग्नल इंजीनियरी और दूरसंचार संस्थान  
सिकंदराबाद-500017

# टी.सी.टी. 2

# पी.डी.एच. प्रिंसिपल्स्

**दर्शन :** इरिसेट को अंतर्राष्ट्रीय प्रसिद्धि का संस्थान बनाना, जो कि अपने मानक व निर्देशचिह्न स्वयं तय करे।

**लक्ष्य :** प्रशिक्षण के माध्यम से सिगनल एवं दूरसंचार कर्मियों की गुणवत्ता में सुधार तथा उनकी उत्पादक क्षमता में वृद्धि लाना।

इस इरिसेट नोट्स में उपलब्ध की गई सामग्री केवल मार्गदर्शन के लिए प्रस्तुत की गयी है। इस नियमावली या रेलवे बोर्ड के अनुदेशों में निहित प्रावधानों को निकालना या परिवर्तित करना मना है।



भारतीय रेल सिगनल इंजीनियरी और दूरसंचार संस्थान

सिकंदराबाद - 500 017

**टी.सी.टी. 2**  
**पी.डी.एच. प्रिंसिपल्स**  
**विषय - सूची**

<b>अनु. क्र.</b>	<b>अध्याय का नाम</b>	<b>पृष्ठ संख्या</b>
1.	पीसीएम सिद्धांत	1
2.	मक्स उपस्कर के प्रकार	22
3.	प्लेसिओक्रोनस डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग (पी.डी.एच.)	28
4.	पी.डी.एच. नेटवर्क्स में जिटर और वान्डर	46

1. पृष्ठों की संख्या - 32
2. जारी करने की तारीख - जून - 2015
3. हिंदी और अंग्रेजी संस्करण में कोई विसंगति या विरोधाभास होने पर इस विषय का अंग्रेजी संस्करण ही मान्य होगा.

© IRISET

“यह केवल भारतीय रेलों के प्रयोगार्थ बौद्धिक संपत्ति है. इस प्रकाशन के किसी भी भाग को इरिसेट, सिकंदराबाद, भारत के पूर्व करार और लिखित अनुमति के बिना न केवल फोटो कॉपी, फोटो ग्रॉफ, मेगेनेटिक, ऑप्टिकल या अन्य रिकार्ड तक सीमित नहीं, बल्कि पुनः प्राप्त की जाने वाली प्रणाली में संग्रहित, प्रसारित या प्रतिकृति तैयार नहीं किया जाए.”

<http://www.iriset.indianrailways.gov.in>

## अध्याय 1

### पीसीएम सिद्धांत

**1.1 परिचय:** 19 वीं शताब्दी के मध्य से ही दो व्यक्तियों के बीच दूरभाष के लिए लोकल वार्तालाप एवं लम्बी दूरियों के लिए एक जोड़ा खुला ओवरहेड वायर अथवा अन्डरग्राउन्ड केबल प्रयुक्त होते रहे हैं। यद्यपि, द्रुत औद्योगिक विकास और दूरभाष जागरूकता की वजह से, ट्रंक और लोकल ट्रैफिक की माँग बढ़ती गई तेजी से। ट्रैफिक की बढ़ती माँग को पूरा करने के लिये जो दो स्टेशनों के बीच या दो ग्राहकों के बीच अधिक से अधिक केबल पेयर या खुले ओवर हेड अलाइनमेन्ट का इस्तेमाल किया गया। इससे कुछ समय के लिये ही निदान हो पाया, क्योंकि ओवरहेड आलाइनमेन्ट में भी विस्तार की सीमित सम्भावना थीं। हेडवे का अधिक विस्तार न कर पाना और अनुपालन की कठिनाइयों की वजह से। इसी प्रकार लगातार अन्डर ग्राउन्ड केबल पेयर का बढ़ाना भी आर्थिक रूप से तर्क संगत नहीं माना गया और इसमें भी अनुपालन की जटिलता भी बहुत थीं।

अतएव, इस विषय पर विचार करना अपरिहार्थ हो गया और एक नई तकनीक खोज की जरूरत महसूस होने लगी, जो ट्रान्समीशन मीडिया की उपलब्ध बैन्ड विड़िट का योग्योचित प्रयोग कर सके, जो खुले वोकर हेड वायरस और अन्डर ग्राउन्ड केबल में उपलब्ध है, जिससे वही पेयर में अधिक से अधिक सर्किट चलाना हमारा ध्येय हुआ। इस तकनीक के द्वारा अधिक से अधिक सर्किट को एक ट्रान्समिशन पेयर पे संचारित किया जा सके को मल्टीप्लिकेशन कहलाया गया।

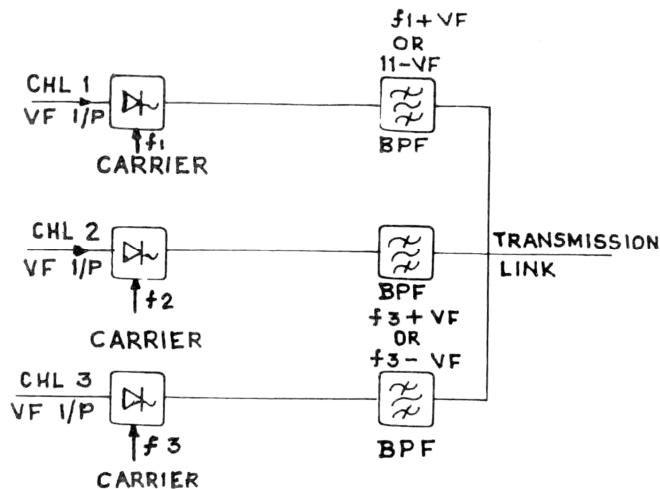
शुरूआत में फ्रीक्वेन्सी डिविजन मल्टीप्लिकेशन का प्रयोग हुआ परन्तु इसकी खमियों की पूरा करने के लिये, टाइम् डिविजन मल्टीप्लिकेशन का प्रयोग करना तय किया गया और इसके साथ पीसीएम तकनीक का विकास हुआ। जिसका प्रयोग ट्रान्समिशन और चैनलस की स्विचिंग के लिये भी किया गया। यह अध्याय, संक्षेप में पीसीएम तकनीक और उसके प्रोसेसिंग और सिगनल के पक्षों का विमोचन करेगा।

**1.2 मल्टीप्लिकेशन तकनीक:-** मल्टीप्लिकेशन तकनीक मूलतः दो प्रकार के हैं :-

- फ्रिक्वेंसी डिविजन मल्टीप्लेकेशन
- टाइम् डिविजन मल्टीप्लेकेशन

#### फ्रिक्वेंसी डिविजन मल्टीप्लिकेशन:

एफ.डी.एम् तकनीक स्पीच चैनलस को रूपान्तरित करने की वह विधि है, जिसमें 300-3400 Hz की व्यक्तिगत् बैन्ड विड़िट को पूर्व निर्धारित फ्रिक्वेंसी स्लाट्स में डाल दिया जाता है, जो बैन्ड विड़िट ट्रान्समिशन माध्यम् के लिये आबंनित है। यह फ्रिक्वेंसी रूपान्तरण अन्पलीट्यूड या माइलेशन द्वारा एक उपयुक्त कैरियर फ्रिक्वेंसी की आडियो फ्रिक्वेंसी से आध्यारोपित करके प्राप्त की जाती है। माइलेटर के आउटपुट पर एक फिल्टर नेटवर्क लगाकर अप्पर साइड बैंड अथवा लोअर साइड बैंड चयनित किया जाता है। चूंकि सिगनल का इन्टेलिजेन्स दोनों साइड बैन्डस में समान रूप से विरजमान होता है, इसलिये सिंगल साइड बैंड सप्रेस्ड कैरियर प्रथा का ही प्रयोग अन्पलीट्यूड माइलेशन में किया जाता है। इस वजह से बैन्ड विड़िट की यशेष बचत होती है और कम पावर आउटपुट वाले एम्पलीफायर का इस्तेमाल भी सम्भव होता है। इस प्रकार, कई स्पीच चैनलों को अलग-अलग कैरियर फ्रिक्वेंसी से मिलाकर एक सिंगल मीडियम में ट्रान्समिशन करने के उपयुक्त बनाया जा सकता है, जो चित्र संख्या 1.1 में लक्षित है।



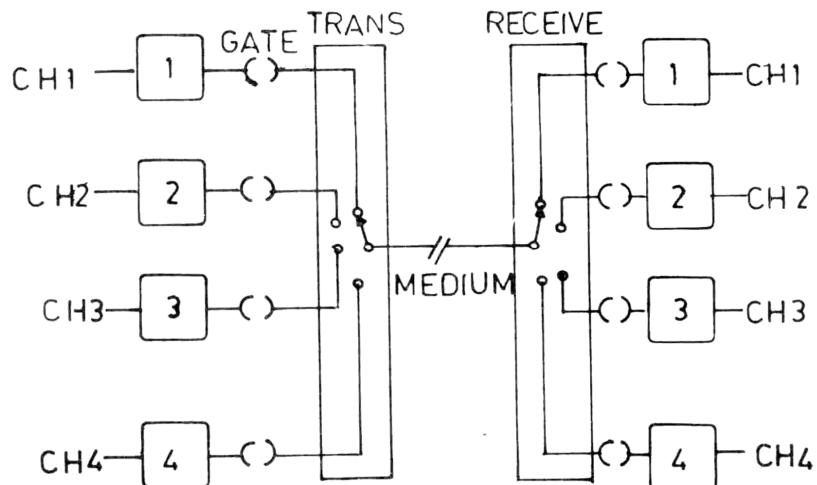
चित्र 1.1

एफ डी एम तकनीक साधारणतया अनलाग ट्रान्समिशन सिस्टम में प्रयुक्त होती हैं, जैसे कि एक प्रणाली जो सतत परिवर्तित होने वाले सिग्नल को ट्रान्समिशन के उपयुक्त बनाती है।

### टाइम् डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग (टि डी एम):

मूलतः टि डी एम ट्रान्समिशन में समय (टाइम) की बॉटने की प्रथा हैं। इसे प्राप्त किया जा सकता है - समय के फ्रेम को स्थापित करके

अतएव सम्पूर्ण बैन्ड विड़ित क्रमिक रूप में प्रत्येक चैनल को उपलब्ध होता है। यह चित्र संख्या 1.2 में लक्षित है।



चित्र 1.2

प्रत्येक चैनल को स्पेसिफिक दर से साम्पल किया जाता है और नियत समय के लिये प्रसावित किया जाता है। साधारणतया सभी इयूरेशन (काल) समान होते हैं। प्रत्येक चैनल को नियत समय के लिये एक निर्दिष्ट साझा आकृति पर दोहराने की अनुमति दी जाती है। प्रत्येक चैनल अपने व्यक्तिगत गेट से संलग्न रहता है और क्रम से एक के बाद एक के लिये खुलता है।

रिसिविंग साइड में भी समान गेट्स को खोला जाता है, उसी आवृति में जिस पर ट्रान्स साइड से गैट्स द्वारा ट्रान्समिट किया जाता है।

रिसिव साइड में सिगनल डिस्क्रीट (स्तरीय) साम्प्ल के रूप में प्राप्त होंगे, जिन्हे संयुक्त करके ओरिजिनल सिगनल के रूप में रीप्रोड्यूस करते हैं। इस प्रकार एक नियत समय के लिए मात्रक एक समय का प्रसारण होता है। ट्रासंमिशन माध्यम के ऊपर से एफडीएम प्रणाली में सीक्वेन्शीयल सैंपलिंग के द्वारा, कई ऐसे चैनलों को समय के अनुरूप संयुक्त किया जा सकता है जैसे (एफ.डी.एम.) प्रणाली में हैं।

टी.डी.एम. तकनीक का उपयोग डिजिटल ट्रान्समिशन सिस्टम्स और डिजिटल स्विचिंग प्रणाली में किया जाता है, जहाँ स्तरीय मान (डिस्क्रीट वाल्यू) के कोडेड सिगनल का प्रयोजन होता है।

### 1.3 पल्स कोड माइलेशन:-

वर्ष 1938 में यू.एस.ए के श्री ए.एच.रीव्स द्वारा पल्स कोड माइलेशन (पी.सी.एम) प्रणाली का विकास करके बोलचाल की शब्द को डिजिटल प्रसारित किया गया। तब से डिजिटल स्पीच ट्रान्समिशन, एनलाग ट्रान्समिशन से एक बेहतर विकल्प के रूप में उभरा है।

पी.सी.एम. सिस्टम् टी.डी.एम् तकनीक का प्रयोग करके कई सर्किट्स को ट्रान्समीशन मिडियम पर प्रसारित करने में समर्थ है, जैसे ओपन वायर पेयर, अन्डरग्राउन्ड केबल वायर पेयर कैरियर प्रणाली में प्रयुक्त चैनल अथवा माइक्रोवेव या कोएक्सियल प्रणाली पर हैं।

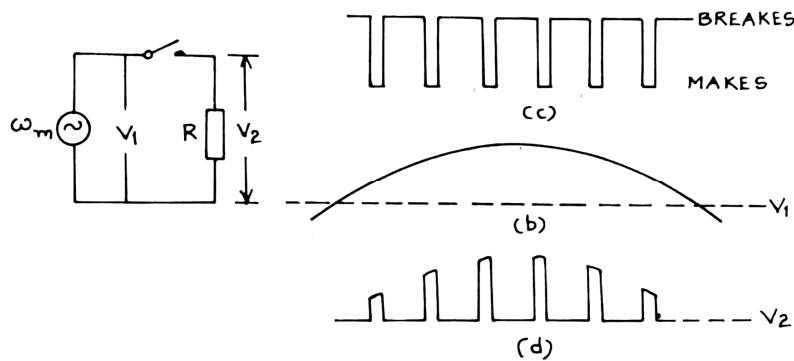
#### 1.3.1 पी.सी.एम् प्रणाली की मूल आवश्यकताएँ

एनलाग सिगनल से पी.सी.एम् सिगनल प्राप्त करने का क्रम इस प्रकार है -

1. फिल्टरिंग
2. सैम्पलिंग
3. क्वान्टाइजिंग
4. एनकोडिंग
5. लाइन कोडिंग

**फिल्टरिंग** - यहाँ फिल्टर प्रयुक्त करके स्पीच सिगनल को 300 - 3400 Hz की आवृत्ति बैन्ड में सीमित रखा जाता है।

**सैम्पलिंग:-** सैम्पलिंग क्रिया टि.डी.एम् प्रणाली के लिये नितान्त आवश्यक है। यदि एक स्विच "S" से एनलाग सिगनल को एक "R" रेसिस्टर पर आवेशित करते हैं जैसे कि चित्र 1.3 में लक्षित हैं। जब कभी स्विच 'S' को क्लोज किया जाता है, रेसिस्टेन्स 'R' के एक्रास एक आउटपुट प्राप्त होता है। वह दर जिस पर स्विच 'S' को (बन्द) क्लोज किया जाता है, उसे सैंपलिंग फ्रीक्वेंसी कहा जाता है। 'S' स्विच के क्लोज होने के एक पीरियड में - एनलाग सिगनल के सैंपल्स 'R' रेसिस्टेन्स के ऊपर परिलक्षित होता है, जिसे चित्र 1.3 में इंगित है।



चित्र 1.3

अन्यथा “R” रेसिस्टेंस पर उपस्थित वोल्टेज इनपुट पर की सैंपल्स की धारा होती है। सैम्पल्स का अम्पलिट्यूड इनपुट पर उपस्थित सिगनल के अम्पलीट्यूड पर निर्भर है। सैंपल्ड पल्स की अवधि स्विच ‘S’ की बन्द (क्लोस) अवधि के बराबर होती है।

यह जानना आवश्यक हो जाता है कि सैम्पल्स लेने की न्यूनतम सीमा को तय किया जाए, जिससे की एनलाग सिगनल के पुर्णनिर्माण स्वीकार्य डिस्टार्शन की निर्धारित सीमा के भीतर किया जा सके। इस सैम्पलिंग को दर को सैम्पलिंग थीरम द्वारा तय किया गया है।

### 1.3.2 सैम्पलिंग थीरम

मानव आवाज़ एक जटिल (काम्पलेक्स) सिगनल है, जिसमें विविध सीमा के फ्रीक्वेन्सी कम्पोनेन्ट उपस्थित होते हैं। इन फ्रीक्वेन्सी अवयव के भिन्न-भिन्न एम्पलिट्युड (आयाम) भी होते हैं। दूसरे शब्दों में, मूल कम्पोनेन्ट फ्रीक्वेन्सी की नियत एम्पलिट्युड होती है और अन्य फ्रीक्वेन्सी जो हाई अथवा लो हैं, का कोई एम्पलिट्युड नहीं होता। आइये हम यह माने कि यह मूल फ्रीक्वेन्सी (अवयव) कम्पोनेन्ट का एक बैन्ड विड्ट B है। चूंकि इस फ्रीक्वेन्सी की सीमा से परे कोई फ्रीक्वेन्सी कम्पोनेन्ट नहीं है, इसे बैन्ड सीमित या बैंड लिमिटेड सिगनल कहेंगे। अतएव, BW का मान उच्च और निम्न फ्रीक्वेन्सी कम्पोनेन्ट पर निर्भर करता है, जो कि उस सिगनल में उपस्थित है।

#### सैम्पलिंग थीरम की परिभाषा:-

अगर बैण्ड सीमित सिगनल की सैम्पलिंग नियत समय के अन्तराल पर की जाती है और उसका सैम्पलिंग दर उसके समान या दो गुने अथवा उससे अधिक के उच्चतम आवधी जो उस बैण्ड में है, से की जाती है, तो उसके साम्पल में मूल सिगनल की सारी इनफरमेशन (सूचना) उपस्थित रहती है। गणितीय विधि से

$$f_s \geq 2f_h$$

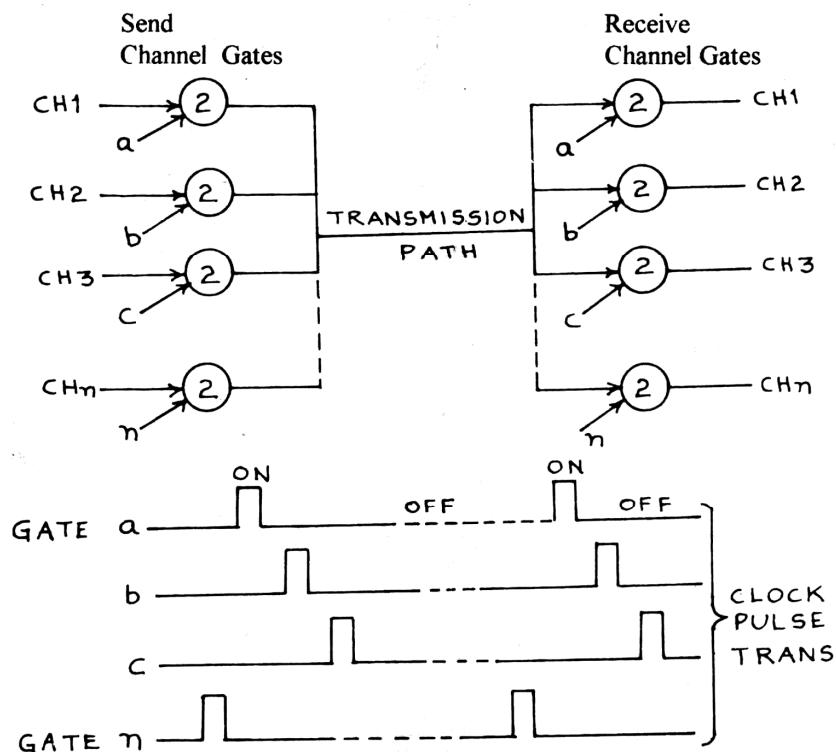
$f_s$  = सैम्पलिंग आवृत्ति,  $F_h$  - बैण्ड में उपस्थित उच्चतम आवृत्ति

आइये, हम मानले कि वाइस सिगनल 0 - 4 KHz बैण्ड में सीमित है (जो सैम्पलिंग आवृत्ती का मान होगा 8 KHz, अतएक सैम्पलिंग का काल (समय) होगा

$$T_s = 1/8000 \text{ s} = 125 \text{ माइक्रोसेकंड}$$

अगर हमारे पास मात्र एक चैनल है तो सिगनल को प्रति 125 माइक्रोसेकेण्ड में सैम्पल किया जा सकता है, परन्तु, यदि N चैनल्स को एक के बाद एक को क्रम में सैम्पलिंग थीरम (प्रमेय) की दर से जो समय प्राप्त होगा वो प्रत्येक चैनल के लिये होगा  $T_s/N$ .

सैम्पलिंग और विभिन्न चैनलों की कम्बाइनिंग की विधी चित्र 1.4 के लक्षित है।



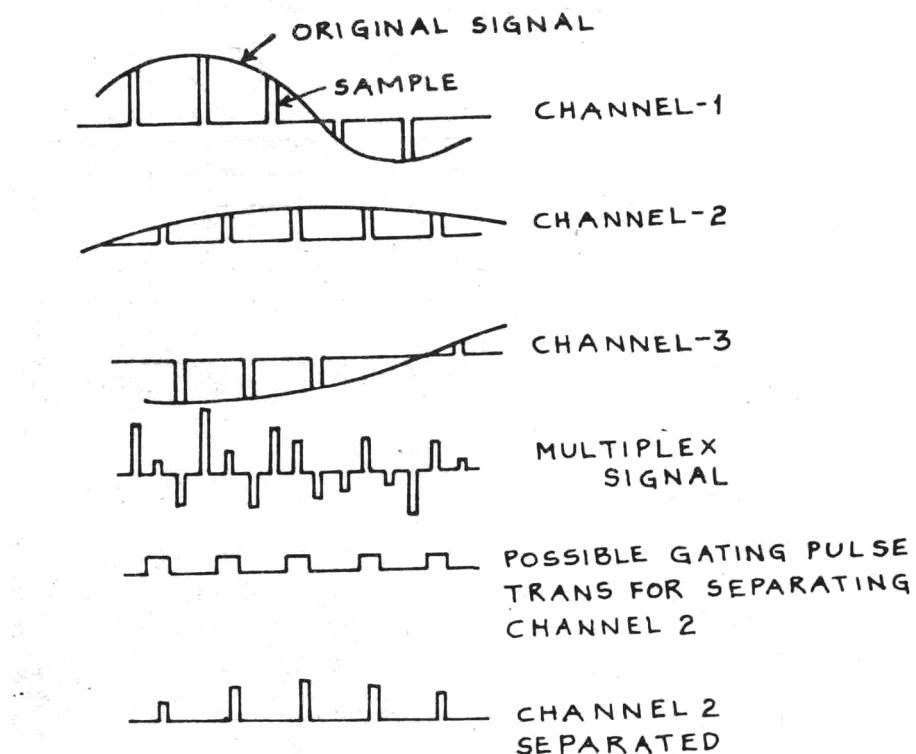
चित्र 1.4 सैम्पलिंग और कम्बाइनिंग चैनल्स

आरेख 1.4 के अनुसार सेन्ड चैनल गेट a, b, c, d....n स्विच S के समरूप हैं। इन्हे गेट कहा जाता है क्योंकि ये वास्तव में सैम्पेल्स को ट्रान्समीशन मीडियम से जोड़ता है जब गेट क्लोस (बन्द) हो, और अलग वियुक्त करता है जब गेट ओपन (खुलता) हो। यह गेट, पल्स की क्रम से नियन्त्रित होते हैं जिन्हे क्लाक पल्स कहा जाता है। क्लाक पल्स 'आन' होने के दौरान गेट क्लोस होते हैं और 'आफ' होने के दौरान गेट खुल (ओपन) जाते हैं।

क्लाक पल्सेस को प्रत्येक गेट के लिये ऐसे संयुक्त किया जाता है कि एक जोड़ा गेट जो ट्रान्स और रिसीव साइड में खुले रहते हैं किसी नियत समय के लिये, इस प्रकार केवल एक चैनल त्रु (संचारित) होता है ट्रान्समिशन मीडियम पर। वह समय की अवधि जो संयुक्त ट्रान्समीशन मीडियम पर आवंटित होती है एक निर्दिष्ट चैनल के लिये, उसे उस चैनल का टाइम स्लाट कहा जाता है। टाइम स्लाट की अवधि चैनलों की संख्या। पल्स आवृत्ति पर (सैम्पलिंग आवृत्ति) निर्भर करती है, जिन्हे कम्बाइन करने की योजना होती है।

एक 30 चैनल की पी.सी.एम. प्रणाली में, 125 माइक्रो सेकेण्ड के सैम्पलिंग अवधि को 32 टाइम स्लाट में विभाजित किया जाता है जिनमें 30 टाइम स्लाट स्पीच के ट्रान्समिशन के लिये, एक टाइम स्लाट सभी 30 चैनलों सिग्नलिंग हेतु और एक टाइम स्लाट ट्रान्समीटर और रिसीवर को सिन्क्रोनाइज़ करने के लिये। अतः, प्रति चैनल के लिये उपलब्ध समय  $t_s = T_s/N = 125/32 = 3.9$  माइक्रोसेकेण्ड।

इस प्रकार, 30 चैनल के पी.सी.एम प्रणाली में, टाइम स्लाट की अवधि 3.9 माइक्रो सेकेण्ड है और सैम्पलिंग का टाइम परीयेड - दो लगातार आने वाले सैम्पल्स के लिये एक नियम चैमल के लिये 125 माइक्रोसेकेण्ड है। अन्य शब्दों में, समस्त 32 टाइम स्लाट, एक फ्रेम का निर्माण करते हैं एवं दोहराते हैं प्रति 125 माइक्रो सेकेण्ड में।



चित्र 1.5 पी.ए.एम् आउट पुट

सिगनलस टाइम डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग प्रणाली की सामान्य मिडियम (हाई वे) पर सिगनल में जो पल्सेस की क्रम का एम्पलिट्युड व्यक्तिगत चैमल्स की निर्देशट सैम्पलिंग (समय) की एम्पलिट्युड अमुक्रमानुपाती होगा। इस प्रकार इसे हम पल्स अम्पलीट्यूट माइलेशन (पी.ए.एम) कहते हैं। यह आरेख 1.5 में लक्षित है।

**1.3.5 क्वान्टाइजिंग:-** क्वान्टाइज़ेशन द्वारा पी.सी.एम. प्रणाली में, पी.ए.एम. सिगनल को डिजिटल रूप में रूपान्तरित किया जाता है। प्रत्येक सैम्पलूड सिगनल के डिस्क्रीट स्तर को क्वानटीफै (आँका) किया जाता हैं जिसको एक प्रासंगिक स्तर के मापदण्ड के एम्पलिट्युड के संदर्भ से। मापदण्ड और उन पर मानो (पाइन्ट्स) का चयन इस प्रकार करना चाहिए कि सिगनल जब डीमाइलेशन उपरान्त उसे प्रभावी दंग से तृटीहीन रूप में निर्माण किया जा सके।

क्वान्टाइजिंग को सतत एम्पलिट्युड के सिग्नल की सीमा को खण्डित करके उसे नियत संख्या के मानो या एम्पलिट्युड खण्डों में बाटने को विधी द्वारा भी परिभाषित करते हैं।

दृष्टमान सैम्पल सिगनल का एम्पलिट्युड (आयाम) नियत समय पर एनलाग सिगनल के एम्पलिट्युड के सतत्रेन्टप से निकाला जाता है। अतः कुछ नियत संख्या के आयाम मानों की सम्भावना होती है। तथापि, एक यशेष नियत संख्या को डिस्क्रीट मानों का इस्तेमाल किया जा सकता है, लगभग उस अनन्त मान तक पहुंचने के लिये।

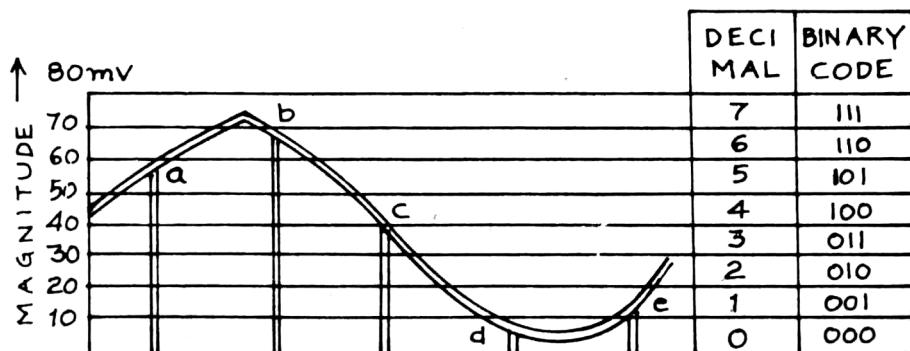
किसी सैम्पल के डिस्क्रीट वाल्यू का मान नापा जाता है, इसको मापदण्ड से तुलना करके, जिसमें नियत संख्या के अन्तराल निहित है और जिन्हे “क्वान्टाइजिंग अन्तराल” के नाम से जाना जाता है और इन्हे पहचाना जाता है, उस अन्तराल से जिसमें यह स्थित होता है। उदाहरण के लिये, 0.1 वोल्ट सिग्नल को 10 mv की सीमा में विभाजित किया जा सकता है, जैसे 0-10 mv, 10-20 mv, 20-30 mv, 30-40 mv..... आदि। 0-10 mv का अन्तराल लेवल - 0 से मानित किया जा सकता है, 10-20 mv को लेवल 1, 20-30 mv को स्तर 2 आदि में।

ट्रान्समीशन के लिये, इन स्तरों को बाइनरी कोड द्वारा मानित किया जाता है। इस प्रोसेस को हम एनकोडिंग कहते हैं। प्रायोगिक प्रणाली में, क्वान्टाइजिंग और एनकोडिंग एक संयुक्त प्रोसेस है। परन्तु व्याख्या की दृष्टि में इन्हे अलग-अलग समझाया जाता है।

### क्वान्टाइजिंग लेवल्स:-

आइयें, विचार करें कि एक सिग्नल को a, b, c, d, और e क्षणों पर सैम्पल किया गया जैसे कि आरेख संख्या 1.6 से लक्षित है। व्याक्या के दृष्टि से, यह हम मानते हैं कि सिग्नल का अधिकतम् एम्पलिट्युड का मान 80 mv है।

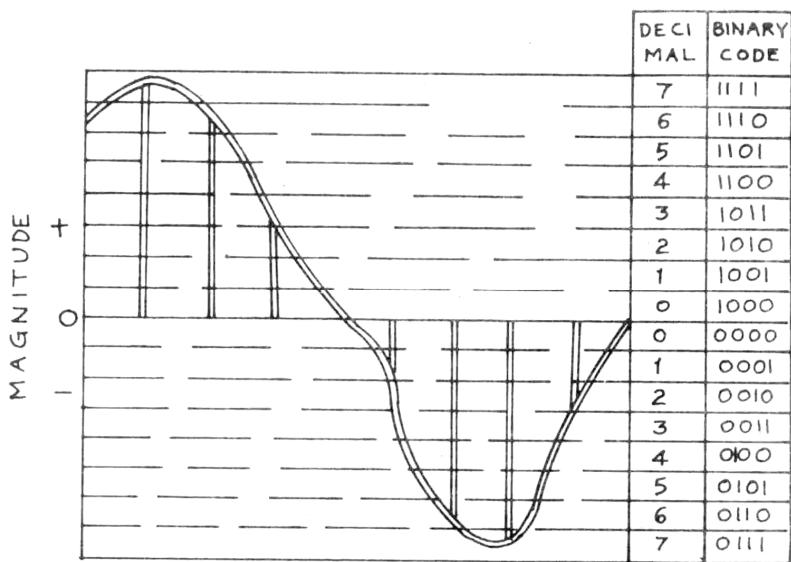
इस सिग्नल में पाँच सैम्पल्स को क्वान्टाइज करने के क्रम में, कुल एम्पलिट्युड के मान को 8 प्रेणियों या अन्तरालों में बाँटना होगा। सैम्पल ‘a’ श्रेणी संख्या 5 में निहित है तदानुरूप क्वान्टाइजिंग प्रोसेस में उस 5 को एक बाइनरी कोड संपीक्ष में आबंटित करेगी - जैसे कि 101. इसिप्रकार, दुलरे सैम्पल का अलग एम्पलिट्युड (अयाम) मानों के लिये अलग कोड आबंटित होंगे। यहाँ क्वान्टाइजिंग अन्तराल का स्तर (लेवल) और आकार समान है इसलिये इसे लीनियर क्वान्टाइजिंग कहते हैं।



आरेख 1.6 धनात्मक सिग्नल का क्वान्टाइजिंग

सैम्पल “a” के लिये “5” का मान निर्धारित करना, और सैम्पल “b” के लिये 7, आदि क्वान्टाइजिंग प्रोसेस कहलाता है। राक्मू उन मानों के लिये लाइनरी कोड्स को, 5 के लिये 101 और 7 के लिये 111 निर्धारित करने के प्रोसेसे को “एनकोडिंग” कहते हैं।

क्वान्टाइजिंग दोनों पासिटिव व नेगेटिव दोलन की दिशा के लिए करने की जरूरत है। आरेख 1.7 में हर दोलन दिशा में 8 क्वान्टाइजिंग लेवल की उपयोग लक्षित है।



आरेख 1.7

यह दिखाने के लिये कि सैम्पल पासिटिव व नेगटिव मान के हैं, एक अतिरिक्त बिट को बाइनरी कोड में जोड़ दिया जाता है। एक अतिरिक्त बिट को 'साइन बिट' नाम से जाना जाता है। आरेख 1.7 में "1" पासिटिव मानों के लिये और "0" नेगटिव मानों के लिये चिन्हित है।

**बाइनरी कोड्स और लेवल संख्या में संम्बन्ध:-** क्वान्टाइज़ेशन का अन्तराल भी पवर 2 पर है। चार बिट के कोड के लिये, हम रखते हैं  $2^4$  यानी 16 लेवल 1 प्रयोगिक पीसीएम प्रणाली में 8 बिट के कोड प्रयोग होता है जिसमें पहला बिट साइन बिट रहता है। इसका आशय यह है कि  $2^8 = 256$  लेवल क्वान्टाइजिंग के लिये प्रयुक्त है, जिनमें 128 स्तर (+)दिशा के लिये हैं और 128 स्तर (-) दिशा के लिये।

#### क्वान्टाइजिंग डिस्टार्शन:-

Analogue Signal amplitude Range	Quantizing Level	Binary Code	Decoded O/P	Maximum Error
0 – 10 mV	0	1000	5mV	± 5mV
10 – 20 mV	1	1001	15 mV	± 5mV
20 – 30 mV	2	1010	25 mV	± 5mV
30 – 40 mV	3	1011	35 mV	± 5mV
40 – 50 mV	4	1100	45 mV	± 5mV

सारणी 1.1 क्वान्टाइजिंग डिस्टार्शन का प्रदर्शन

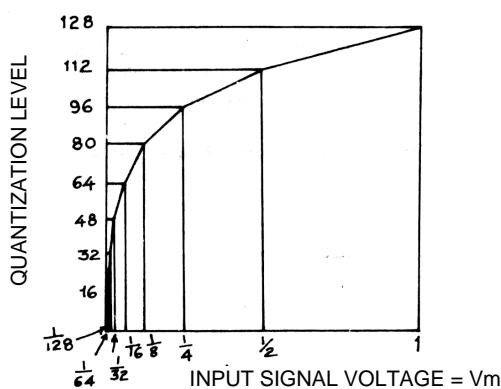
क्वान्टाइजिंग में, प्रत्येक अन्तराल में सैम्पल को न्यूनतम वेल्यू के मान प्रयुक्त किया जाता है।

रिसिविंग सैड पर डिकोडिंग के वक्त प्रत्येक अन्तराल के मध्यमान को प्रयुक्त किया जाता है। आइये हम एक उदाहरण पर विचार करें जो सारणी 1.1 में प्रस्तुत है।

अगर किसी सैम्पल के एम्पलिट्युड (आयाम) का मान 23 mv या 28 mv हो, तो दोनों अवस्थाओं के लिये उनका लेवल “2” प्रयुक्त होगा। इसे 1010 बाइनरी कोड से मंदशिति किया जाता है। जब इसका डिकोडिंग रिसिविंग सैड पर होता है, डिकोडर इसे अनलाग सिग्नल के रूप में परिवर्तित करता है जिसका आयाम 25 mv होगा प्रत्येक अवस्था के लिये। अतः क्वान्टाइजेशन का प्रोसेस इनपुट सिग्नल को करीब मान से कुछ डेविएशन एम्पलिट्युड से युक्त है होता है। ये डेवियेशन ट्रान्स और रिसीव सैड पर सैम्पल के एम्पलिट्युड के बीच अन्तर हैं, इस फरक जो असल मान और नवनिर्मित मान के बीच है क्वान्टाइजेशन एरर (त्रुटी) या डिस्टारशन देता है।

**नान लीनियर (अरैखिक) डिस्टारशन:-** लीनीयर क्वान्टाइजेशन समान स्टेप साइज है, जो सभी एम्पलिट्युड (आयामों) के लिये समान एरर (त्रुटी) होती है। अतएव, सिग्नल टु नायस रेसियो (अनुपात) कमजोर सिग्नल के लिये ज्यादा कम हो जाता है अगर तुलना बलशाली सिग्नल की सिग्नल्स टु नाइस रेशियो (अनुपात) से करें।

इस एरर (त्रुटी) को कम करने के लिए, यह आवश्यक है क्वान्टाइजेशन का स्टेप साइज कम किया जाए। अन्य शब्दों में, स्टेपस की संख्या एम्पलिट्युडों की दी हुई। सीमा में बढ़ाने की आवश्यकता है। लेकिन इस प्रकार करने पर ट्रान्समिशन की बैण्ड विड्थ भी बढ़ जायेगी, क्यों कि  $B = f_H \log N$  के तुल्य है जहाँ  $N$  क्वान्टम स्टेप्स की संख्या है। एवम्  $f_H$  सिग्नल को उच्चतम् आवृत्ति है। परन्तु स्पीच की साँख्यिकी के अनुसार, छोटे एम्पलिट्युड (आयाम) के सिग्नल की संभावना (प्राथिकता) बहुत अधिक है, बड़े एम्पलिट्युड के सिग्नल की अपेक्षा में। अतएव, यह उपयुक्त होगा कि हम छोटे एम्पलिट्युड सिग्नल के लिए ज्यादा संख्या में क्वान्टम लेवल प्रदान करें की सीमा में ( $V_L =$ छोटे मान) और बड़े एम्पलिट्युड सिग्नल के लिए कम क्वान्टम लेवल ( $V_H =$ उच्चमान) वाले की सीमा में होना है। इस स्थिती में, ट्रान्समिशन बैण्ड विड्थ भी बढ़ने की जरूरत नहीं होगी यदि निर्दिष्ट लेवल को कुल संख्या अपरिवर्तित रहे। इस कारण से सभी इनपुट सिग्नल लेवल का सीमा में सिग्नल टु नाइस रेसियो (अनुपात) एकरूपता आ जाएगी। इस प्रकार की क्वान्टाइजेशन को नान लीनीयर (अरैखिक) क्वान्टाइजेशन कहा जाता है, जिसे आरेख सं 1.8 में लक्षित है।



आरेख 1.8 सिग्मेन्टेड काम्पान्डिंग वर्क

प्रचलन के अनुसार नान लीनियर क्वान्टाइजेशन को हासिल करने के लिये, सिग्मेन्टेड क्वान्टाइजेशन का प्रयोग किया जाता है। दोनों (+ve) और (-ve) स्विंग की दिशा में समान संख्या में सिग्मेन्स का प्रयोग किया जाता है। किसी निर्दिष्ट सैम्पल की स्थिती का मान जानने के लिये यह आवश्यक है कि हम जाने

- सैम्पल का चिन्ह (+ve या -ve)
- सिगमेन्ट संख्या
- सिगमेन्ट की सीमा में क्वान्टम लेवल

आरेख 1.8 के अनुसार, प्रथम दो सिगमेन्ट दोनों पोलारिटी की दिशा में समरेखिक (केलोनियर) हैं - जैसे रेखा के टाल (स्लोप) समान होने के कारण इसे एक सिगमेन्ट के रूप में माना जा सकता है। इस प्रकार सिगमेन्ट को कुल संख्या 13 है। परन्तु विश्लेषण के हिसाब में इसे, सम्पूर्ण 16 सिगमेन्ट को अलग माना जा सकता है।

**काम्पान्डिंग:-** नान यूनिफार्म (अरैखिक) क्वान्टारजिंग द्वारा स्थापित नान लिनियारिटी को निरस्त किया जा सकता है एक उल्टे प्रोसीजर (क्रियान्वयन) से।

हमें सिगनल को 'कामप्रेस' करके ट्रान्समिशन से पहले ही नान लिनियारिटी हमें प्राप्त होती है, और रिसिव सिगनल को इसका उल्टा संकुचित यानी विस्तारित एक्समान्डिंग करके इसे निरस्त किया जा सकता है। अतः इस प्रक्रिया को हम संक्षेप में कम्पान्डिंग कहलाते हैं।

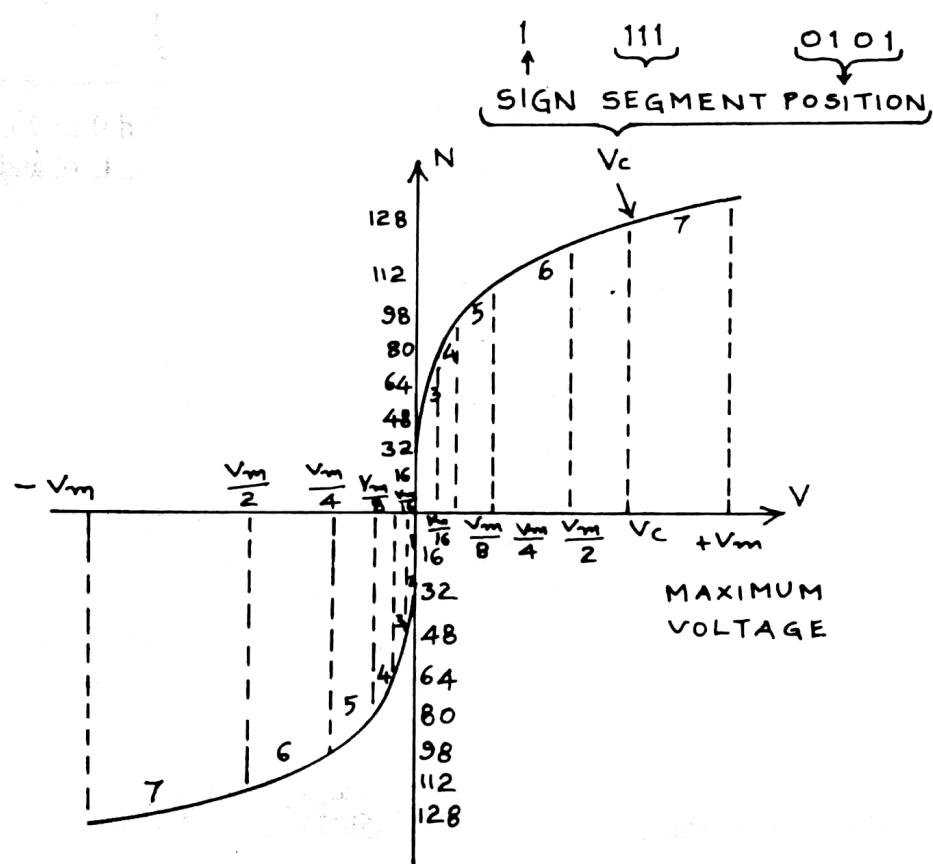
**1.3.6 एनकोडिंग:-** क्वान्टाइज़ेशन एनलाग सैम्पल्स के मान को बाइनरी सिगनल्स के रूप में रूपान्तरित करने की क्रिया को एनकोडिंग कहते हैं। 256 स्टेप्स को प्रयोजित करने के लिये, 8 बिट के कोड की आवश्यकता है। यह 8 बिट कोड एक वर्ड कहलाता है। यह 8 बिट वर्ड कुछ इस प्रकार से दिखता है।

P	ABC	WXYZ
पोलारिटी	बिट	सिगमेन्ट
1 +ve		सिगमेन्ट में स्टेप संख्या
0 -ve		

एम एस बी डंगित करता है सैम्पल के चिन्ह (पोलारिटी) को, अगले तीन बिट इंगित करते हैं कि आठ में से एक सिगमेन्ट संख्या, और अन्त के चार बिट इंगित करते हैं कि 16 में से एक पोजीशन की संख्या सिगमेन्ट में। वोल्टेज "Vc" को इस प्रकार एनकोड करेंगे जैसे 11110101 आरेख 1.9 में वर्णित है।

क्वान्टाइजिंग और एनकोडिंग का काम "कोडर" नाम के सर्किट द्वारा किया जाता है। कोडर पी ए एम सिगनल को 8 बिट बाइनरी कोड में रूपान्तरित करता है। कामप्रेशन वर्क में अनुरूप जैसे आरेख 1.9 में प्रदर्शित है। उस कर्व (वकृ) के निम्न लक्षण हैं।

- यह आरिजन (केन्द्र) के आस पास सिमट्रिकल है। शून्य कोड, शून्य वोल्टेस के अपेक्षा है।
- यह एक लगभग लागरित्मिक फंक्शन है जो 13 सीधे सिगमेन्ट्स के संख्या 0 से 7 पासिटिव
- दिशा में और 0 से 7 नेगेटिव दिशा में। चार सिगमेन्ट 0, 1, 0<sup>1</sup> एवम् 1<sup>1</sup> जो लेवल +V<sub>m</sub>/128 और -V<sub>m</sub>/128 के बीच में हैं को एक समरेखिक (को लीनियर) लिया गया है।
- उत्तरोत्तर सिगमेन्ट के सर्वथिक (मैक्सीमम) वोल्टेज 2 की अनुपात में हैं जैसे V<sub>m</sub>/128, V<sub>m</sub>/64, V<sub>m</sub>/32, V<sub>m</sub>/16, V<sub>m</sub>/8, V<sub>m</sub>/4, V<sub>m</sub>/2 एवम् V<sub>m</sub> जहाँ V<sub>m</sub> मैक्सीमम् वोल्टेज है। कर्व (वकृ) में खुल मिलाकर 128 क्वान्टिफिकेशन लेवल (स्तर) है पासिटिव भाग में और 128 स्तर है नेगेटिव भाग में।



आरेख 1.9 यनकोडिंग वक्र 8 बिट कोड कामप्रेशन के साथ

पी सी एम सिस्टम में, सैम्पल्ड पल्स्स को सैम्पल्ड गेट्स पर अद्यारोपित एक एक चैनल्स को पहले सैम्पल किया जाता है, जिसे आरेख 1.10 में दर्शिया है।

एनलाग सिगनल पल्स की अवधि पर उसे पार करती है। चूँकि सिर्फ एक गेट पर एकटीवेट (खुलती) है। एक कामन एनकोडिंग सर्किट का प्रयोग किया जा सकता है समस्त चैनलों के सैम्पल्स की क्वानटाइजिंग और एनकोडिंग के लिये। चैनलों के एनकोडेंड साम्पल्स और सिगनल को मिलाकर एक डिजिटल कम्बाइनर के द्वारा और फिर उसे माध्यम में ट्रान्समिट किया जाता है।

रिसीवर साइड पर इस क्रिया की, अनुलोम क्रिया की जाती है, ताकि मूल एनलाग सिगनल को पुनः वापस पाने के लिये। डिजिटल सपरेटर इनकमिंग डिजिटल स्ट्रिम (धारा) में से निद्रिष्ट टाइम स्लाट्स पर रिसीवींग सैंपलिंग गेट्स को आपरेट करके उसी क्रम में ट्रांस्मिट साम्पलिंग गेट्स के साथ सिन्क्रोनाइजेशन स्थापित करके अलग किया जाता है। प्रत्येक टाइम स्लाट की सैम्पल को पल्स अम्प्लिट्यूट माड्यूलेटेड(पी ए एम) सैम्पल में बदलने के लिये डिकोड किया जाता है।

#### 1.4 पी सी एम फ्रेम

सैम्पलिंग पल्स की रिपिटेशन रेट  $T_s$  सेकण्ड और पल्स विड्त  $t_s$  होती है। जब सैम्पलिंग पल्स आती है, सैम्पलिंग गेट उस  $t_s$  समय खुला रहता है और तब तक बन्द हो जाता है जब तक अगला पल्स आती है। इसका आशय यह है कि एक चैनल  $t_s$  समय के लिये ही एकटीवेट की जाती है।

चूंकि,  $t_s$  मान से  $T_s$  बहुत बड़ा है, इस समय  $T_s$  के दौरान कई चैनल्स को सैम्पल  $t_s$  अविधि में किया जा सकता है।

आरेख 1.10 के संदर्भ में, प्रथम चैनल के प्रथम सैम्पल को 'a' पल्स के रूप में एनकोड करके कम्बाइनर को पास कर देते हैं। उपरान्त द्वितीय चैनल के प्रथम सैम्पल को 'b' पल्स के रूप में एनकोड करके कम्बाइनर को पास कर देते हैं। इस प्रकार अन्य बचे चैनल्स को भी क्रम से सैम्पल करके और फिर एनकोड करके कम्बाइनर को भेजा जाता है।  $n_{th}$  वें चैनल के प्रथम सैम्पल को प्रोसेस करने के उपरान्त प्रथम चैनल के द्वितीय सैम्पल को प्रोसेस किया जाता है और यह क्रम चलती रहती है।  $T_s$  समय के दौरान इकट्ठे किये गये समस्त सैम्पल्स के संग्रह को फ्रेम के नाम से जाना है। अतः सभी चैनलों के प्रथम सैम्पल्स का संग्रह एक फ्रेम में और दूसरे सैम्पल्स का दूसरे फ्रेम और यह क्रम इस प्रकार चलता रहता है।

#### 1.4.1 30 चैनल के फ्रेम पी.सी.एम.प्रणाली की संरचना

32 टाइमस्लाट युक्त एक फ्रेम 125 मौक्रोसेकेण्ड का होता है। इन टाइम स्लाट्स को  $TS_0$  से  $TS_{31}$  की संख्या से अंकित किया जाता है।  $TS_0$  सिन्क्रोनाइजेशन सिग्नल का केरियर (वाहक) है। इसलिये इस टाइम स्लाट में यह वर्ड को फ्रेम अलाइनमेंट वर्ड के नाम से जाना जाता है। सिग्नलिंग की जानकारी (सूचना) टाइम स्लाट  $TS_{16}$  में प्रसावित की जाती है।  $TS_1$  से  $TS_{15}$  क्रम से स्पीच सिग्नल, चैनल संख्या 1 से 15 को केरि करता है।  $TS_{17}$  से  $TS_{31}$  क्रम से स्पीच सिग्नल, चैनल संख्या 17 से 31 के संवाहक हैं।

#### 1.4.2 बिट रेट

कभी कभी बिट के दर (बिट रेट) से सिस्टम को सम्बोधित किया जा सकता है। इसे प्रति सेकेन्ड में ट्रान्समिट किये गये कुल बिटों की संख्या से जाना जाता है। एक 30 चैनल सिस्टम के प्रति फ्रेम में 32 टाइम स्लाट होते हैं। प्रति टाइम स्लाट में आठ बिट का एव वर्ड होता है। अतः

$$\text{फ्रेम में कुल बिट्स की संख्या } 32 * 8 = 256$$

सैम्पलिंग की अवृत्ति 8 KHz है, फ्रैम्स की आवृत्ति भी 8000 सेकेन्ड है। चूंकि इस प्रकार प्रसारित कुल बिटों की संख्या एक सेकेन्ड में =  $256 * 8000 = 2,048,000$  बिट्स = 2048 K बिट्स।

अतः एक 30 चैनल सिस्टम को 2048 Kbps अथवा 2.048 Mbps के नाम से जाना जाता है।

#### 1.4.3 फ्रेम सिन्क्रोनाइजेशन

पी.सी.एम. टर्मिनल का आउटपुट एक सतत बिट की धारा (स्ट्रीम) है। रिसिविंग सैड पर रिसिवर को उस बिट की धारा में से फ्रेम और चैनल को अलग करने की आवश्यकता है। इस कार्य के लिये, इसे प्रत्येक फ्रेम की शुरुआत सही- सही पहचाननी होती है। इस क्रिया को फ्रेम एलाइनमेंट या सिन्क्रोनाइजेशन कहा जाता है, जिसे फ्रेम एलाइनमेंट वर्ड भी कहते हैं (FAW), इसको प्रसारित बिट स्ट्रीम में नियत अन्तराल पर डाल दिया जाता है। रिसीवर FAW की ताक में रहता है और प्राप्त होने पर उसे अहसास हो जाता है कि अब अगले टाइम स्लाट में चैनल सं.1 की सूचना उपलब्ध है, और फिर इस प्रकार चैनल 2, 3 का क्रम जारी रहता है।

FAW के अंक या बिट्स TS<sub>0</sub> के आठ बिट्स में से सात को लेता है और निम्नलिखित प्रकार बिट पोज़िशन में व्यवस्थित होता है। TS<sub>0</sub> में - B1 B2 B3 B9 B5 B6 B7 B8  
FAW बिट्स मान X 0011011.

बिट B1 का मान “1” अथवा “0” हो सकता है। यह निश्चित है कि मान “1” होने पर पीसीएम प्रणाली अन्तर राष्ट्रीय नेटवर्क से जुड़ी हुई है। FAW का प्रसारण TS<sub>0</sub> के हर एलाइनमेंट फ्रेम में होता है। वह फ्रेम, जिनमें FAW नहीं होता है, सूपरवाइजरी और अलार्म सिग्नल के प्रसारण के लिये प्रयुक्त किया जाता है।

फ्रेम TS<sub>0</sub> में, जो सूपरवाइजरी और अलार्म ले जाती है और जो FAW को ले जाती है, उनके बीच अन्तर स्थापित करने के लिये, B2 बिट में पहले के लिये फिक्स किया जाता है। इस प्रकार बिट पैटर्न X1yyy11 होती है अलार्मस के लिये।

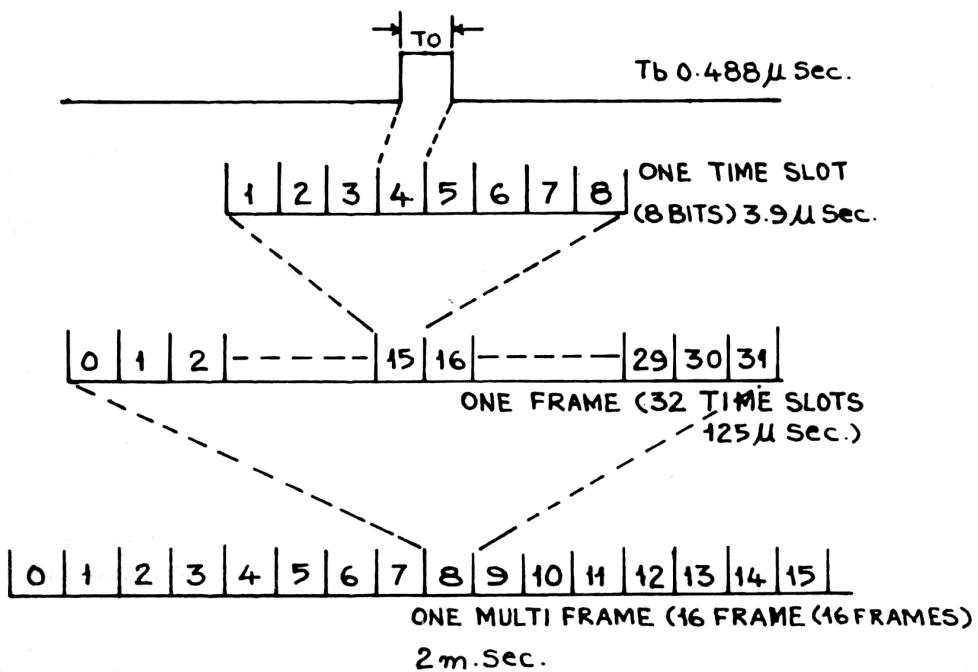
#### 1.4.4 सिग्नलिंग कैसे कैरी की जाती है

टेलीफोन नेटवर्क में, ग्राहकों के लिये काल्स का उचित कनेक्शन स्थापित करने में एवम् स्टेट्स (अवस्था) सूचना सिग्नलिंग का प्रयोग जैसे डायलटोन, बिजीटोन, रिंग बैक टोन, एन यु टोन, मीटर्झग पल्सस और ट्रॉन्क आफरिंग सिग्नल को प्रदान करने के लिये किया जाता है। इन सभी फक्शनों को साधारण टर्म में सिग्नलिंग के नाम से समूहित किया जाता है। सिग्नलिंग की सूचना को डी सी पल्स के रूप में स्टेप बै स्टेप स्ट्रॉजर एक्सचेंज और मल्टी फ्रिक्वेन्सी पल्सेस द्वारा क्रास बार एक्सचेंज में प्रसारित किया जाता है।

सिग्नलिंग का लेवल ज्यादा समय तक अपने नियत एम्पलिट्युड को स्थिर रख पाते हैं स्पीच सिग्नल के एम्पलिट्युड की अपेक्षा। जैसे पूर्ववर्ती है धीरे-धीरे (स्लो) वैरिंग सिग्नल स्पीच सिग्नल की अपेक्षा में। अतएव सिग्नलिंग को डिजिटाइज कम संख्या बिट्स द्वारा किया जा सकता हैं।

#### 1.4.5 मल्टी फ्रेम:-

30 चैनल पी सी एम प्रणाली में, प्रत्येक फ्रेम के टाइम् स्लाट TS<sub>16</sub> में दो स्पीच चैनल्स की सिग्नलिंग इन्फरमेशन होता है। अतएव, 30 चैनल्स के लिये 15 फ्रेमस की आवश्यकता है जिस में प्रत्येक की आवधि 125 मौक्रोसेकेण्ड है। एक अतिरिक्त फ्रेम की भी आवश्यकता है जिस में सिनक्रोनाइजेशन डाटा के लिए हो सके और इसे मल्टी फ्रेम एलाइनमेंट वर्ड (MFAW) से जानते हैं। इस प्रकार 16 फ्रेमों का एक समूह मिलकर एक मल्टीफ्रेम बनाता है। एक मल्टीफ्रेम की अवधि 2 मिलीसेकेन्ड है। बिट, फ्रेम, मल्टीफ्रेम की अवधि के बीच सम्बन्ध आरेख 1.11 (a) में दर्शित है।



आरेख 1.11 (a) मल्टीफ्रेम का गठन

**मल्टीफ्रेम का संरचना** - फ्रेम  $F_0$  टाइमस्लाट 16 में, प्रथम चार बिट्स में मल्टीफ्रेम एलाइनमेन्ट वर्ड रखा जाता है, जिससे रिसिवर को यह पता करने को सुविधा होती है कि मल्टीफ्रेम का आरम्भ हो चुका है। बाकी के चार बिट्स को अलार्म सिग्नल के लिये रखा जाता है।

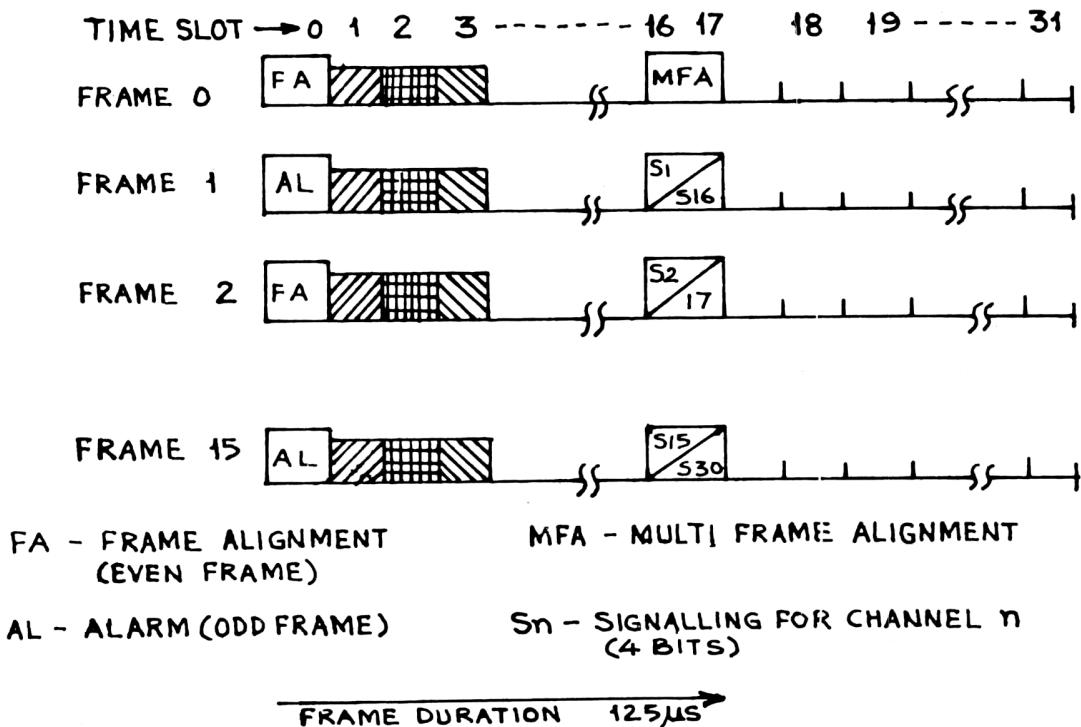
फ्रेम  $F_1$  से  $F_{15}$  के टाइम स्लाट 16 को सिग्नलिंग सूचना के लिये प्रयोग किया जाता है। प्रत्येक फ्रेम में 2 स्पीच चैनल्स की सिग्नलिंग डाटा के लिये है। चार सिग्नलिंग बिट्स प्रत्येक स्पीच चैनल के लिये रखा है। उदाहरण के लिए फ्रेम  $F_1$  की TS16 के प्रथम चार बिट्स स्पीच चैनल 1 की सिग्नलिंग सूचना के लिये हैं एवं बाकी चार बिट्स स्पीच चैनल 16 की सिग्नलिंग के लिये हैं। इसी प्रकार, फ्रेम-2 की टाइम स्लाट 16 में चैनल 2 और 17 की सिग्नलिंग सूचना के लिये होता हैं इत्यादि।

चूंकि प्रत्येक मल्टी फ्रेम में 16 फ्रेम होते हैं इसकी पुनरावृत्ति 8000 फ्रेम प्रति सेकेण्ड के रेट से होती है, प्रत्येक सिग्नल चैनल की सैम्पलिंग रेट 500 सैम्पल्स/सेकेण्ड है। मल्टीफ्रेम संरचना आरेख सं 1.11 (b) में प्रदर्शित है।

### 1.5 पी.सी.एम. में लाइन कोडिंग

बाइनरी सिग्नल का गठन पासिटिव और शुन्य वोल्टेज से होता है। इसकी लो फ्रिक्वेन्सी स्पेक्ट्रा की उर्जा उच्च है और उसमें डी.सी. काम्पोनेन्ट मौजूदगी से, एसी कपल्ड सरकिट्स की पवर (उर्जा) देने के लिये प्रयुक्त ट्रान्सफारमर्स का प्रयोग नहीं किया जा सकता है।

पी.सी.एम कार्य प्रणाली में, नियत अन्तराल पे रीजेनरेटर की आवश्यकता होती है जो सिग्नल को नाइस रहित करने के लिये। सिग्नल रिजेनरेट करने के लिये क्लाक की आवश्यकता होती है, सामान्य सिग्नल निर्माण के लिये इनकमिंग सिग्नल से निकाला जाता है। अतः इनकमिंग सिग्नल में पर्याप्त टाइमिंग इन्फरमेशन होने की जरूरत है। अगर यूनीपोलर सिग्नल में 0 और 1 लम्बा क्रम जारी रहता हैं तो टाइमिंग इनफार्मेशन की कमी हो जाती है और इस प्रकार क्लाक रिकवरी **नगण्य** हो जाती है।



आरेख 1.11 (b) मल्टीफ्रेम की संरचना

एतत्व, पी.सी.एम. एनकोडर लाइन में सिग्नल ट्रान्समिशन के लिये उपयुक्त नहीं है और इसे परिमार्जित करके इसे ट्रान्समिशन लाइन के लक्षणों के अनुरूप बनाने और साथ-साथ क्लाक रिकवरी को भी सरल करने की अवश्यकता है। इस प्रोसेस (क्रम) को लाइन कोडिंग कहा जाता है।

### 1.5.1 पी.सी.म. में प्रयुक्त लाइन कोड के लक्षण:-

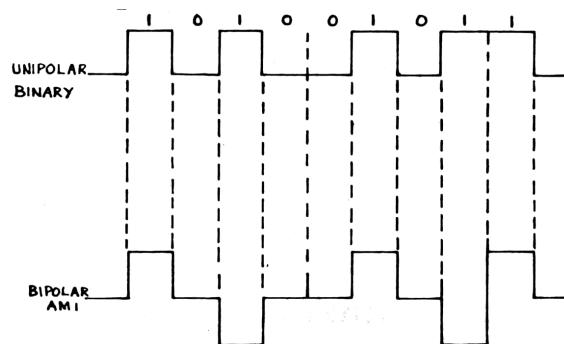
पी.सी.म. में प्रयुक्त लाइन कोड के निम्न लक्षण होने चाहिए

- सिग्नल की कुल बैण्ड विडथ यथा संभव कम से कम होनी चाहिए।
- फ्रीक्वेंसी स्प्रेक्ट्रम के ऊपरी भाग की ऊर्जा कम होनी चाहिए, जिससे कि अटुनियेशन डिस्टार्शन कम हो।
- फ्रीक्वेंसी स्प्रेक्ट्रम के निचे भाग की ऊर्जा भी कम होनी चाहिए, जिससे कि वाइस फ्रीक्वेंसी सर्किट्स से और मैं उत्पन्न होने वाले इन्टरफ़ेअरेन्स की कमी की जा सके।
- इसमें डी.सी. काम्पोनेन्ट नहीं होनी चाहिए।
- इसमें इनबिल्ट त्रुटी की मानिटरिंग क्षमता होनी चाहिए।
- इन लक्षणों से युक्त कई कोड्स का विकास किया गया है। परन्तु वह दो कोड जो वर्तमान पी.सी.एम. प्रणाली में साथ प्रयोग किये जा रहे हैं -
- ए.एम. आई कोड
- एच. डी.बी. -3 कोड

### 1.5.2 ए.एम.आई. (आल्टरनेट मार्क इन्वर्शन) कोड:-

ए.एम.आई. कोड का प्रथम प्रयोग बारकर महोदय द्वारा किया गया, यह प्रचलित तब हुआ जब इसे बेल टेलीफोन लैब द्वारा पी.सी.एम. के संचालन के लिये अपनाया गया। यु एस ए में इसे आम तौर पे बाइपोलर सिग्नल कहा जाता है।

इस कोड में, गतानुगत मार्क (बिट-1) समान एम्पलिट्युड को प्रत्यावर्ति रूप से पासिटिव (+ve) और (-ve) पोलारिटी में बदल दिया जाता है, स्पेस (0 बिट) को शून्य एम्पलिट्युड दिया जाता है। बाइनरी सिग्नल से रूपान्तरित ए.एम.आई. कोड सिग्नल को आरेख सं 1.12 में लक्षित किया गया है।



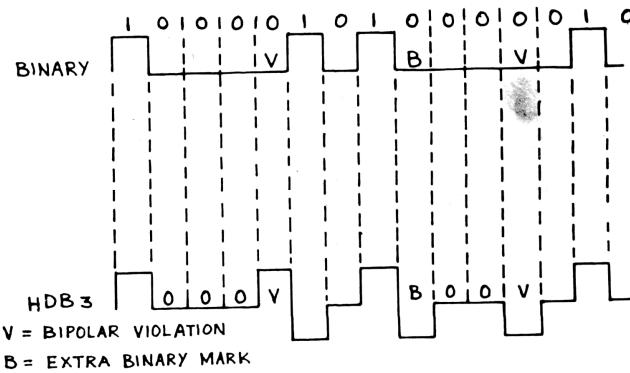
आरेख 1.12 बाइनरी और ए.एम.आई कोड

ए.एम.आई. कोड का कमियां यही है कि इसमें लम्बे आवर्ति शून्य आने पर गन्य टाइमिंग इनफार्मेशन की कमी उत्पन्न हो जाती है। अन्यथा, यह लाइन कोड की अन्य आवश्यकताओं को पूरा करता है। कोड का आकलन भी इसमें बहुत आसान है। लाइन सिग्नल में अशुद्धियों (एरर) को पहचानने और पकड़ने के लिये बाइपोलर वायलेशन टेक्नीक का इस्तेमाल किया जाता है। इसका प्रयोग 24 चैनल के पी.सी.एम. प्रणाली में किया जाता है।

### 1.5.3 एच.डी.बी-3 (हार्ड डेन्सिटी बाइपोलर आफ आर्डर-3) केड -

ए.एम.आई कोड की खामियों को दूर करने के लिये, HDB-3 कोड का निर्माण किया गया। इसमें तीन से अधिक शून्य आने पर कोड की बाइनरी संरचना में कुछ प्रतिस्थापन किया जाता है। यह प्रतिस्थापन निम्न नियमों का पालन करते हैं।

- चौथे शून्य को 1(मार्क) में बदल दिया जाता है एवम उसकी दिशा ठीक पिछले (पूर्ववर्ती) मार्क के दिशा के अनुरूप ही रखी जाती है, इससे उसमें एक वायलेशन (उलंघन) की सृष्टि होती है, इस बिट को वायलेशन बिट (V) कहते हैं।
- वह V बिट, जो चौते शून्य के स्थान पर प्रतिस्थापित है उसकी दिशा (पोलारिटी) पूर्ववर्ती V बिट के दिशा से उल्टी होनी चाहिये।
- बाइनरी सिग्नल से रूपान्तरित HDB-3 सिग्नल आरेख सं 1.13 में लक्षित है।



आरेख 1.13 एच.डी.बी.3 कोडिंग

यूनिपोलर बाइनरी सिग्नल को HDB-3 कोड के सिग्नल में परिवर्तित का क्रम निम्न प्रकार है -

- प्रत्येक चौथा शून्य V बिट से प्रतिस्थापित होगा।
- यदि दो V बिट्स के मध्य में "1" मार्क की संख्या इवन हो तो चार शून्य के क्रम में आने वाली प्रथम शून्य को भी "1" बना दिया जाता है और उसे 'B' बिट कहा जाता है (जब "1" मार्क की संख्या दो V बिट्स के बीच में इवन है) अन्यथा इसे इस प्रकार भी कहा जा सकता है कि 0000 के संयोग को B00V या 000V में रूपान्तरित किया जाता है, जो इस बात पर निर्भर है कि दो V बिट्स के बीच में "1" मार्क की संख्या क्रम से इवन है या आड़ है।
- डाटा बिट्स और B बिट्स एक बाइपोलर नियम पालन करेंगे और V बिट्स अपने अलग बाइपोलर नियम पालन करेंगे।

लम्बी शून्य की सिक्युन्स को टालने के लिये और ज्यादा टाइमिंग सूचना को सिग्नल में समाविष्ट किया जाता है। कोड में वायलेशन (उलंघन) तकनीक का प्रयोग करके एरेर (त्रुटियों) का भी पता लगाया जा सकता है।

बाइनरी सिग्नल नान रिटर्न टु जीरो (NRZ) सिग्नल आरेख सं 1.12 और 1.13 में दर्शित है। इन्हे रिटर्न टु जीरो (RZ) सिग्नल में बदला जाता है जिसमें से क्लाक फ्रेक्वेन्सी अवश्य उपलब्ध कराने के लिये जो NRZ सिग्नल में नहीं होते हैं। NRZ सिग्नल को RZ सिग्नल में बदलने की सहज प्रक्रिया, आरेख सं 1.14 में दर्शित है।

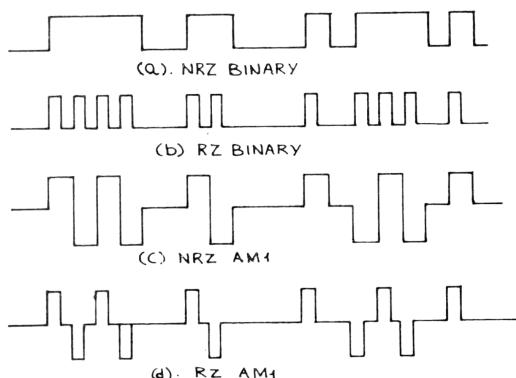
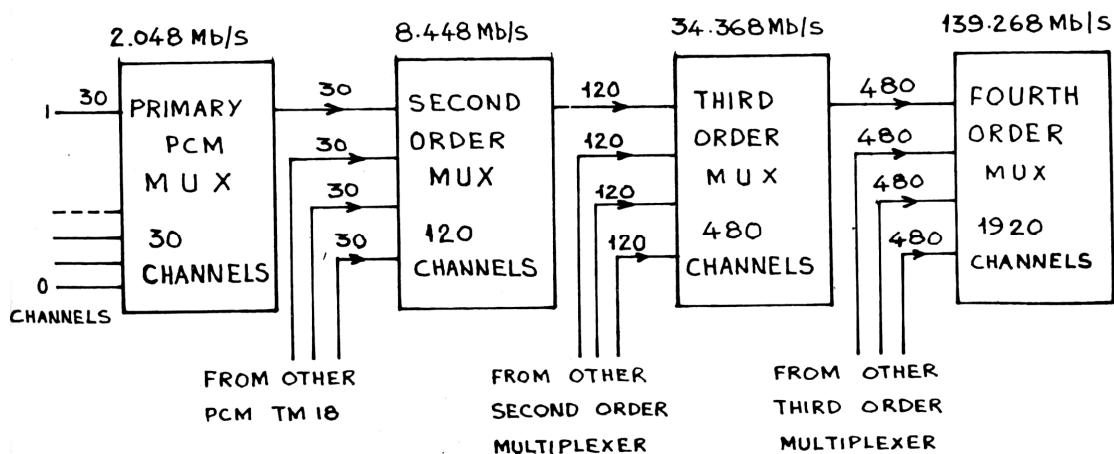


Fig. 1.14 एन.आर.जेड और आर-जेड सिग्नल

बेहतर टाइमिंग सूचना पाने के लिये प्रायोगिक पी.सी.एम प्रणाली में, साधारणतया सिग्नल को रिटर्न टु जिरो (RZ) में रूपान्तरित किया जाता है।

### 1.6 उच्च (हैयर) आर्डर की पी.सी.एम. प्रणाली:-

हैयर आर्डर की पी.सी.एम. प्रणाली का प्रयोजन ट्रन्क नेटवर्क चलाने के लिये किया गया है, इसमें प्राइमरी ब्लॉक के 30 चैनल्स (2.048 Mb/s) को समायोजित करके और उसे उपरी हाइट्राकी में बदलते हैं, जैसे कि एफ.डी.एम.(FDM) की एनलाग प्रणाली में ग्रुप, सब ग्रुप और सूपर ग्रुप में समायोजित किया जाता है। आई.टी.यू. द्वारा अनुमोदित डिजिटल हाइट्राकी आरेख सं. 1.15 में दर्शित है।



आरेख 1.15 2048 Kb/s पी.सी.एम. प्राइमरी मक्स प्रणाली आनारित डिजिटल हाइट्राकी ।

एनलाग एफ.डी.एम. प्रणाली के संदर्भ में, सी.सी.आई.टी.टी. (1993 से आई.टी.यू. बदला गया) ने अनुमोदित किया है कि पूरे विश्व में 12 चैनल्स के प्राइमरी ग्रुप और 60 चैनल्स का सेकेन्डरी ग्रुप का प्रयोग किया जाए। जिससे कि, एनलाग एफ.डी.एम. प्रणाली की सिर्फ एक ही हाइट्राकारसी (पीठी) पूरे विश्व में रहे। दुर्भाग्यवश, डिजिटल टी.डी.एम. के संदर्भ में, यह संभव नहीं हुआ कि एकलू प्रकार के प्राइमरी मल्टीप्लेक्स इक्यूपमेन्ट्स के स्पेसिफिकेशन्स का निर्माण किया जा सके जिन का प्रयोग टी.डी.एम. सिस्टम्स को बनाने के लिये किया जा सके। आज भी, दो तरह के प्राइमरी मल्टी प्लेक्सर्स प्रचलन में हैं। आई.टी.यू.टी के अनुमोदन अनुरूप 30 जैनल की प्रणाली जो भारत और यूरोप में प्रचलित है) और दूसरी है 24 चैनल्स की पी.सी.एम. प्रणाली (जिसे यूके और उत्तरी अमेरिका में प्रयोग किया जाता है)। इनमें न केवल बिट रेट में अन्तर है बल्कि फ्रेम संरचना, फ्रेम अलाइनमेंट वर्ड और सिग्नलिंग बिट्स भी अलग हैं। परिणाम स्वरूप उच्च आर्डर के मल्टी प्लेक्सर्स, जो इन मूल इकाइयों से मिलकर बनते हैं, वह बी भिन्न होते हैं।

### सारांश:-

पल्स कोड माइक्रोलेशन एक टाइम डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग का तरीका है जिस में एक ही मीडीयम पर कई चानलों को स्थानान्तरित किया जाता है।

## पी.सी.एम सिद्धांत

प्रत्येक चैनल को एक टाइमस्लाट अलाट (आवंरित) किया जाता है और उसी दौरान उसके कोड किये हुए सैम्पल्स को ट्रान्समिट कर दिया जाता है। कई टाइमस्टाल मिलकर एक फ्रेम की रचना करते हैं और यह फ्रेम सैम्पलिंग दर के तुल्य समय में क्रमिक रूप से इनकी पुनरावृत्ति होती है। प्रत्येक चैनल की सिग्नलिंग इनफरमेशन को मल्टीफ्रेम की किसी एक फ्रेम में प्रसारित किया जाता है। यूकि मल्टी फ्रेम में कई फ्रेम होते हैं, इनमें तमाम चैनल्स की सिग्नलिंग इन्फारमेशन को समिहित करके प्रेषित किया जाता है।

इन प्रकार से उपलब्ध पी.सी.एम. सिग्नल को लाइन कोड में रूपान्तरित करके उसे ट्रान्समिशन मीडियम में प्रेषित करने के लिए अनुकूल बनाता है - पिछे कि वह ट्रान्समिशन मीडियम में सूचारू रूप से प्रेषित किया जा सके।

उच्च आर्डर के पी.सी.एम. प्रणाली में दो प्रकार की हाइएरआरकी (पीठी) हैं। प्रथम 30 चैनल की पी.सी.एम - ई-हायअरआरकी एवम् दूसरी 24 चैनल वाली पी.सी.एम टी - हायअरआरकी।

वस्तुनिष्ठ

- TDM प्रणाली में प्रसारण मीडिया का बटवारा \_\_\_\_\_ के आधार पर किया जाता है।
- USA के A.H. Reaves महारान में \_\_\_\_\_ प्रणाली का विकास किया।
- फिलटरिंग का उपयोग \_\_\_\_\_ सिगनल की आवृत्ति को 300 Hz से 3.4 KHz तक सीमित रखने के लिये की जाती है।
- सैम्पलिंग की प्रक्रिया में एनलाग सिगनल्स का नियमित अन्तराल पर \_\_\_\_\_ किया जाता है।
- सैम्पलिंग प्रमेय के अनुसार, सैम्पलिंग का दर, उच्चतम सिगनल आवृत्ति के \_\_\_\_\_ गुने से अधिक होना चाहिए।
- KHz की बैन्ड सीमित सिगनल की सैम्पलिंग आवृत्ति नेक्वेस्ट प्रमेय के अनुसार \_\_\_\_\_ KHz की होती है।
- PCM में सैम्पलिंग की अवधि \_\_\_\_\_ माइक्रो सेकेण्ड है।
- PCM प्रणाली में प्रति चैनल के लिये आबंटित समय \_\_\_\_\_ माइक्रो सेकेण्ड है।
- दो आवर्ति सैम्पल्स के बीच का अन्तराल \_\_\_\_\_ माइक्रो सेकेण्ड है।
- पाम सिगनल्स का रूपान्तरण डिजिटल रूप में करने की प्रक्रिया को \_\_\_\_\_ कटा जाता है।
- क्वानटाइजेशन की प्रक्रिया के अनुसार सतत सिगनल की \_\_\_\_\_ रूप में खंडित किया जाता है।
- क्वानटाइजेशन लेवल को बाइनरी मान देने की प्रक्रिया \_\_\_\_\_ कट जाती है।
- क्वानटाइजेशन त्रुटी को कम करने के लिये \_\_\_\_\_ प्रथा को अपनाया जाता है।
- एनकोडिंग द्वारा क्वानटाइज़ेशन को \_\_\_\_\_ में परियात किया जाता है।
- सिगनलिंग सूचना को टाइम स्लाट \_\_\_\_\_ में प्रेषित किया जाता है।
- अलार्म और सूपरवाइज़री सिगनल को प्रति एकक के अन्तराल में प्रेषित किया जाता है।
- एक मल्टीप्रॉम का काल \_\_\_\_\_ सेकेण्ड है।
- सिगनलिंग चैनल का सैम्पलिंग दर \_\_\_\_\_ है।
- PCM प्रणाली में \_\_\_\_\_ लाइन कोड का प्रयोग किया जाता है।
- टाइम स्लाट TSO का उपयोग \_\_\_\_\_ के वहन के लिये किया जाता है।
- एक 30 चैनल का PCM का निरदर \_\_\_\_\_ है।

**विषयनिष्ठ प्रश्न:**

1. संचार प्रणालियों में प्रयुक्त विभिन्न मल्टीप्लेक्सिंग तकनीक क्या क्या है ?
2. लघु टिप्पणी लिखि  
a) आवृत्ति विभक्त मल्टीप्लेक्सिंग  
b) काल विभक्त मल्टीप्लेक्सिंग
3. PCM प्रणाली की मूल आवश्यकताओं का उल्लेख कीजिये।
4. सैम्पलिंग क्या है ... एवम् प्रमुखता का वर्णन कीजिये।
5. क्वानटाइजेशन को परिभाषित कीजिये।
6. क्वानटाइजेशन विरूपण को कम करने के उपाय का उल्लेख कीजिये।
7. अरेखीय क्वानटाइजेशन को परिभाषित कीजिये।
8. लघु टिप्पणी कीजिये अ) काम्पान्डिंग  
ब) इनकोडिंग
9. प्राथमिक मल्टीप्लेक्सिंग तकनीक में PCM प्रेम के गठन और मल्टीप्रेम के गठन की प्रक्रिया का उल्लेख कीजिये।
10. 2.048 Mbps की प्राथमिक बिट दर को प्रथम कोटी की E1 के लिये कैसे आकलन करेंगे।
11. सिगनलिंग का वहन PCM प्रेम में किस प्रकार किया जाता है - चर्चा करिये।
12. अलार्म और प्रेम अलाइनमेन्ट बिट्स का प्रसारण PCM प्रेम में किस प्रकार किया जाता है।
13. PCM में लाइन कोडिंग क्या है? PCM तकनीक में प्रयुक्त विभिन्न लाइन कोडिंग के प्रकास क्या है?

## अध्याय 2

### मक्स उपस्कर के प्रकार

#### 2.1 प्राथमिक मक्स उपस्कर

तीस चैनल्स की पी.सी.एम. मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर से हमें स्पीच, सिग्नलिंग और टेलीप्रिन्टर (आप्टिकल) की इन्फारेमेसन को मल्टीप्लेक्सिंग करके मल्टीचैनल जंकशन कम्यूनिकेशन सुविधा इनटरा सिटी (अन्तर सिटी) के बीच प्रदान करता है। यह उपस्कर अनुसांगिक लाइन उपस्कर और निवर्तमान जैकशन केबिल्स के साथ लोडिंग काइल्स को निकाल कर काम करने में समर्थ है। यह उपस्कर निवर्तमान जंकशन केबिल्स की केपासिटी को बढ़ाता है और साथ में ट्रान्समिशन गुणवत्ता भी बढ़ाता है।

तीस चैनल की पी.सी.एम. मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर से स्पीच और सिग्नलिंग इन्फारेमेशन को 30 चैनलों में समायोजित करके उसे एक 2.048 kbps वाली डिजिटल आउट पुट बिट स्ट्रीम में बदलकर उसे ट्रान्समिट सैड (धोर) के प्रेषित किया जाता है। रिसिविंग सैड (धोर) पर इनकमिंग बिट स्ट्रीम से समस्त मूल सूचना को उचित डीमल्टीप्लेक्सिंग विधि द्वारा निकाला जाता है। इस प्रणाली द्वारा लोकल और ट्रॉन्क एक्सचेंजों को विभिन्न सिग्नलिंग क्षमता वाले अलग अलग प्रकार के एक्सचेंज उपस्पकरों से जोड़ने की क्षमता प्रदान करता है।

30 चैनल की पी.सी.एम. मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर का परफारमेंस ITU(T) को अनुसुत्ती G.703, G.711, G.712 और G.732 के अनुरूप है।

प्राइमरी मक्स के दो प्रकार हैं

- (1) नान प्रोग्रामेबल टरमिनल टाइप
- (2) प्रोग्रामेबल ड्राप - इन्सर्ट टाइप

#### 2.1.1 नान प्रोग्रामेबल टरमिनल टाइप मक्स

नान प्रोग्रामेबल टरमिनल टाइप के मक्स में एक प्रोसेसर कार्ड, फ्रेमर कार्ड या पी.सी.एम. इंटरफेस कार्ड एवम् वाइस/डाटा इंटरफेस कार्ड और पावर सप्लाई कार्ड होते हैं। 2 Mbps के अग्रीगेट इंटरफेस उपलब्ध है जिसमे बैलन्सड (120 ओम) और अनबैलन्सड (75 ओम) इन्पीडेन्स के साथ, हाई आर्डर के मक्स इक्वीप्मेंट्स और ट्रान्समिशन उपस्करों को जोड़ने के लिये।

इस मक्स में टाइम स्लाट्स की मैपिंग नियत होती है। चैनल्स को स्थापन और विस्थापन (ड्रापिंग और इनसर्टिंग) टार्डम स्लाट के स्तर पर नहीं किया जा सकता है। यह काम वी.एफ. पैचिंग द्वारा ही संभव है।

आजकल, जो प्राथमिक मक्स प्रयोग में लिये जा रहे हैं वे सभी प्रोग्रामित ड्राप इन्सर्ट मक्स होते हैं।

#### 2.12 ड्राप इन्सर्ट मक्स:-

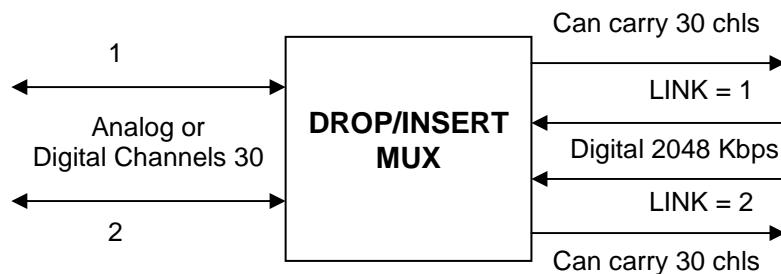
संदर्भित आरेख से 2.1 ड्राप इन्सर्ट मक्स के 2048 Kbps के दो अग्रिगेट लिंक हैं। हर लिंक के ट्रान्स और रिसिव के दो पथ हैं। चैनल साइड में, 30 चैनल्स को, दो अग्रिगेट लिंक के बीच में से किसी एक से मैपिंग की जा सकती है।

### मक्स उपस्कर के प्रकार

इस प्रकार की मैपिंग फंक्शन को “क्रास कनैक्शन” कहते हैं।

### फंक्शन (कार्य)

- चैनल साइड - इस काम करना पड़ता है।
  - एनलाग चैनल (साधारणत वाइस)
  - डिजिटल चैनल (साधारणत डाटा)
- अगरीगेट साइड - 2 डिजिटल 2048 Kbps लिंक से इसका इंटरफेस किया जाता है।
- क्रास कनैक्ट - चैनल साइड की किसी भी चैनल को दो अगरीगेट लिंक्स के बीच किसी भी चैनल्स के साथ जोड़वे की क्षमता इसमें होनी चाहिए।



आरेख सं 2.1 ड्रापट इन्सर्ट माक्स

ड्राप - इन्सर्ट मक्स तीन मेक (कम्पिनी) के हैं, जैसे पीसीएल का वी-मक्स, वेबफिल का फ्लेक्सी मक्स और नोकिया मक्स है और इनका विस्तार वर्णन नोट्स सं. T-13C में किया गया है।

### 2.2 स्किप मक्स:-

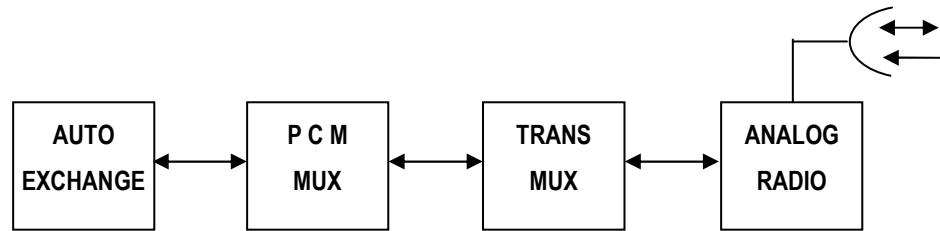
स्किप मक्स या 2/34 मक्स चार E-1 को एक E-2 में और चार E-2 को E-3 में (34.368 Mbps) मल्टीप्लेक्सिंग करता है। चूंकि बाहर का प्रवेश E-2 या 8.448 Mbps पर उपलब्ध नहीं है, इसे स्किप मक्स कहलाया जाता है। संदर्भित आरेख सं 2.2 है।



आरेख सं. 2.2 स्किप मक्स

### 2.3 ट्रान्स मक्स:-

ट्रान्स मक्स का प्रयोग 312 - 552 KHz (एक सूपर ग्रुप) के एनलाग वाइस चैनल्स को PCM 2048 Kbps में रूपान्तरित करने और विपरीत 2048 Kbps से 312-552 KHz में बदलने के लिये होता है।

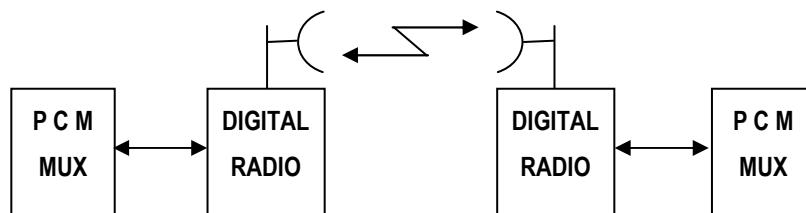


आरेख सं. 2.3 ट्रान्स मक्स

अन्यथा, ट्रान्स मक्स को एनलाग और डिजिटल प्रणाली के मध्य का एक इन्टरफेस कहा जाता है।

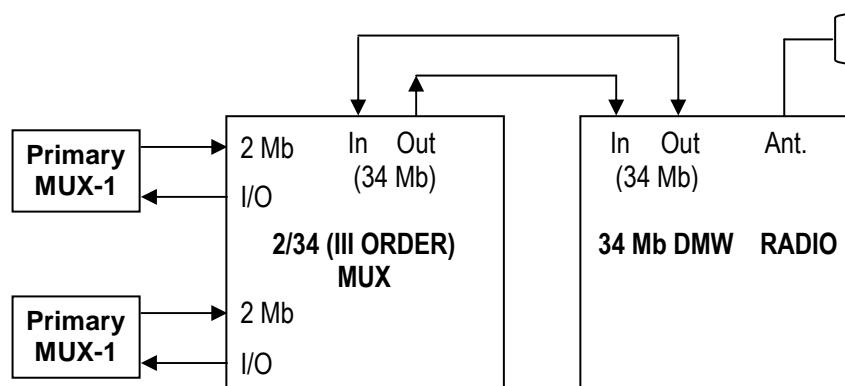
#### 2.4 डिजिटल रेडियो और ओ.एफ.सी. प्रणाली के समन्वय में पी.सी.एम.मक्स के कार्य

भारतीय रेलवे में, 34368 Mbps के E3 डिजिटल माइक्रोवेव रेडियो लिंक्स पर स्थापित हैं। इन रेडियों उपस्करों में वेसाइड पोर्ट स्टेशनों के E1 को सीधे इन्टरफेस करने की सुविधा है जिससे कि लान्ग हाल की E3 ट्रैफिक में कोइ व्यवधान न उत्पन्न हो, क्यों कि शार्ट हाल के E1 पर भी चैनल्स को ड्राप और इन्सर्ट किया जाता है जिसे डिजिटल रेडियो में वे साइड पोर्ट्स के पीसीएम मक्स का कनेक्शन आरेख सं. 2.4 में है।



आरेख सं. 2.4 पी. सी. एम. मक्स से डिजिटल रेडियो के वेसाइड पोर्ट का कनेक्शन

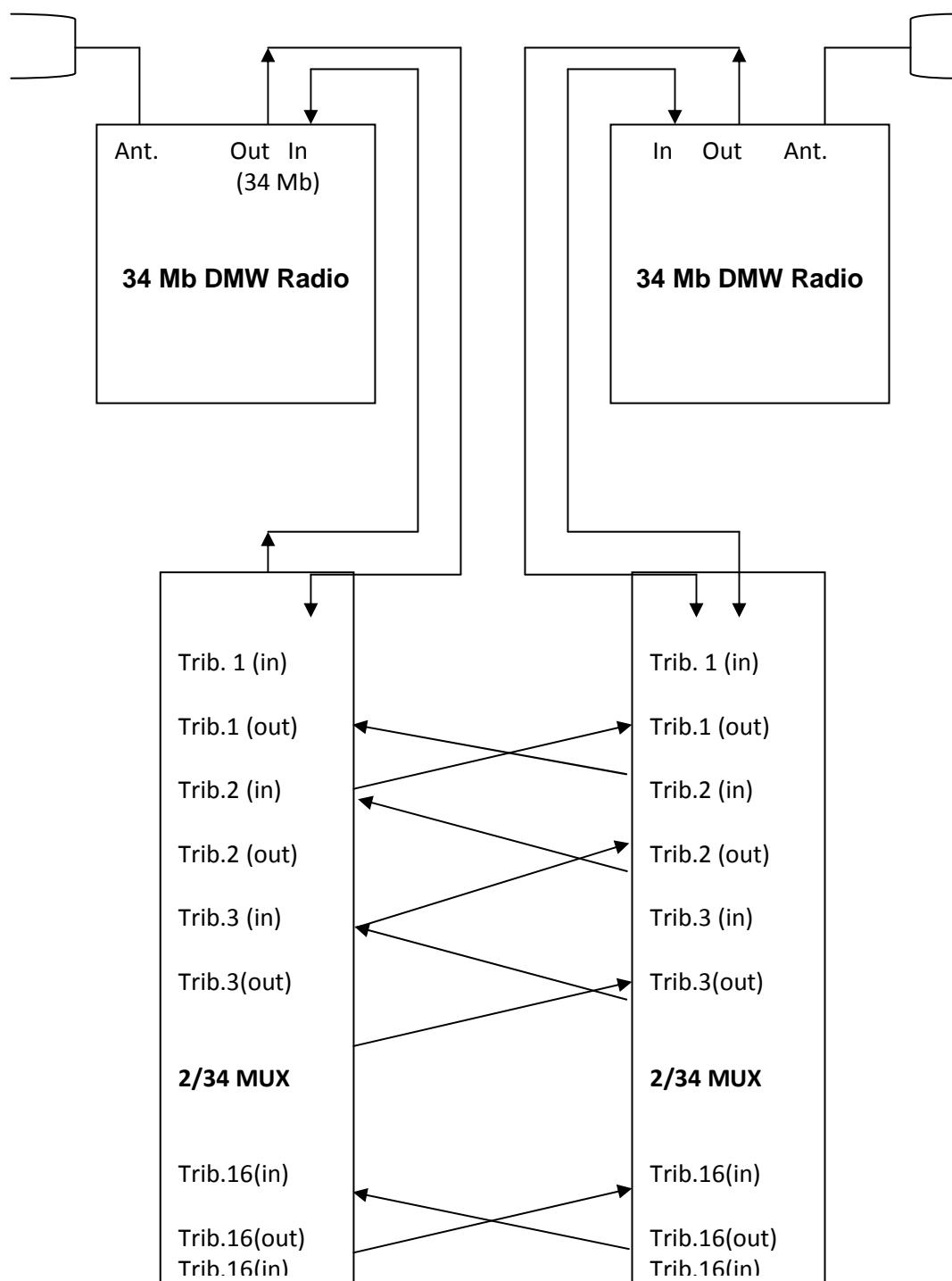
E3 (34388 Mbps) के ट्रैफिक की अवस्था में, 16 पी.सी.एम. से 16 E1, निकालकर 2/34 मक्स उपस्कर में दिया जाता है, जिसका इन्टरफेस डिजिटल रेडियो के साथ किया जाता है। एक टर्मिनल स्टेशन की व्यवस्था का आरेख सं 2.5 (a) में लक्षित है।



आरेख सं. 2.5 (a) टर्मिनल स्टेशन से उपस्करों का इंटरकनेक्शन

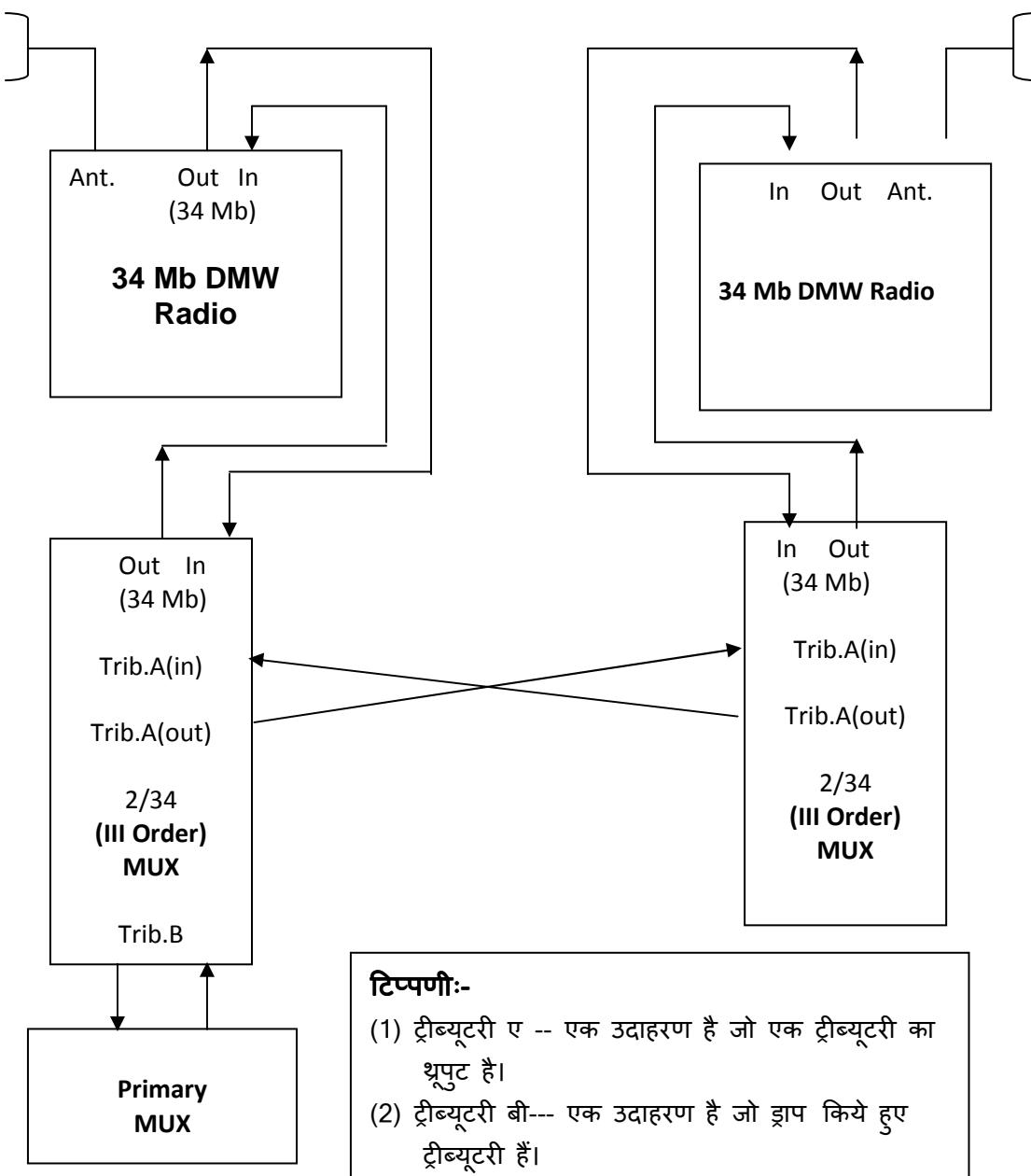
### मक्स उपस्कर के प्रकार

रिपीटर स्टेशन से ले जाने E3 ट्रैफिक से बिना चैनल्स/ट्रीब्यूटरीज ड्रापिंग की व्यवस्था आरेख सं 2.5 (b) प्रदर्शित है।



आरेख सं. 2.5 (b) रिपीटर स्टेशन में बिना चैनल्स के ड्रापिंग के उपस्करों के इण्टर कनेक्शन का डायग्राम (ट्रिब्यूटरी इन/आउट के सभी ट्रिब्यूटरीज़ के लिये क्रास पैच किया गया है)

E3 ट्रैफिक में स्टेशन (रिपीटर्स) पर जहाँ चैनल्स और ट्रीब्यूटरीज का ड्राप नहीं किया जाता है, तो आरेख 2.5 (c) में लक्षित किया गया है।



आरेख सं 2.5 (c) रिपिटर स्टेशन में उपस्करों के इण्टरकनेक्शन का डायग्राम जहाँ E3 ट्रैफिक से चैनलों को ड्राप किया गया है।

ओ एफ सी के संदर्भ में पी.डी.एच. लिंक्स में ओ.एल.टी.इ (आपटिकल लाइन टार्मिनल इक्यूपमेन्ट) का प्रयोग ट्रान्समिशन उपस्कर के रूप में किया जाता है। ओ.एल.टी.इसं. विभिन्न ट्रान्समिशन रेट (2 Mbps/ 8 Mbps / 34 Mbps / 140 Mbps) में उपलब्ध हैं। भारतीय रेल में, 34 Mbps के पी.डी.एच. लिंक्स ओ एफ सी पर स्थापित थे, परन्तु वे एस डी एच लिंक्स से प्रतिस्थापित किये जा रहे हैं।

एस.डी.एच. लिंक्स में, एक एस.टी.एम.1 उपस्कर 63 E1 को सपोर्ट (वहन) करता है। प्रत्येक E1 इंटरफेस, एक प्राइमरी ड्राप इन्सर्ट मक्स से 30 वीएफ/डाटा चैनल्स देने में सक्षम है।

### **वस्तूनिष्ठः-**

#### **बहु विकल्पीय**

- 1) PCM मक्स उपस्कर ITU(T) के \_\_\_\_\_ अनुमोदन को सत्यापित करता है -  
(अ) G.703      (ब) G.711      (स) G.712      (द) उपरोक्त सभी
- 2) प्राथमिक मक्स \_\_\_\_\_ बिन्यासों में उपलब्ध है -  
(अ) प्रोग्रामित      (ब) नान् - प्रोग्रामित      (स) ड्राप इन्सर्ट      (द) उपरोक्त सभी
- 3) नान् प्रोग्रामित मक्स में टाईम स्टाल \_\_\_\_\_ होते हैं  
(अ) नियत      (ब) बदलने योग्य      (स) गमिनान      (द) उपरोक्त सभी
- 4) स्किप मक्स \_\_\_\_\_ E1 चैनलों को इनपुट में समायोजित कर सकता है  
(अ) 16      (ब) 18      (स) 12      (द) उपरोक्त सभी
- 5) ट्रान्स मक्स एक सूपर ग्रुप को \_\_\_\_\_ के क्रम और व्यूट्रक्म में बदल सकता है।  
(अ) 2048 Kbps      (ब) 64 Kbps      (स) 16 Kbps      (द) उपरोक्त सभी

#### **रिक्त स्थान भरिये**

- 1) OLTE के भाशम के विस्तार \_\_\_\_\_.
- 2) रेलवे में PDH लिंक का उपयोग OFC पर पूर्व नें सर्वाधिक \_\_\_\_\_ Mbps पर किया गया।
- 3) डिजिटल सूक्ष्म तरंग भारतीय रेल में सर्वाधिक \_\_\_\_\_ Mbps को स्पोर्ट करती है।

### **निबन्धनिष्ठ**

- 1) भारतीय रेल में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर का वर्णन कीजिये।
- 2) पी.सी.एम. मल्टीप्लेक्सर और ओ.एफ.सी. उपस्कर को 2 Mbps के स्तर पर जोड़ने के लिये ब्लाक आरेख चित्रित करते वर्णन की जिए।
- 3) पी.सी.एम. मल्टीप्लेक्सर के 34 Mbps को डिजिटल रेडियो उपस्कर से जोड़ने के लिये ब्लका आरेख चित्रित करके वर्णन कीजिए।
- 4) ट्रान्स मक्स पर लघु टिप्पणी कीजिये और उसे 34 Mbps डिजिटल रेडियो से संयोजित करने का आरेख चित्रित कीजिये।
- 5) स्किप मक्स पर लघु टिप्पणी लिखिये एवम् इसकी क्या आवश्यकता है वर्णन कीजिये।
- 6) लघु टिप्पणी कीजिये -  
(अ) ड्राप इन्सर्ट मक्स      (ब) नान् प्रोग्रामित मक्स      (भ) प्रोग्रामित मक्स
- 7) प्रोग्रामित मक्स और नान् प्रोग्रामित में अन्तर स्थापित की जिये एवम् इनमें से कौन ज्यादा लाभ कारी है, वर्णन कीजिये।

## अध्याय 3

### प्लेसिओक्रोनस डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग (पी.डी.एच.)

#### a. डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग हाइरार्कि (अनुक्रम):

आई.टी.यू.टी. की संस्तुती G 701 को परिभाषित करती है कि डिजिटल मल्टीप्लेक्स अनुक्रम डिजिटल मल्टीप्लेक्सर (मल्डेक्सेस) की एक सारणी है और जो वर्गीकृत है क्षमताओं के आधार पर, जिससे कि मल्टीप्लेक्सिंग एक स्तर पर परिभाषित करती है एक नियत संख्या की सिगनल्स को, जिसमें से प्रत्येक एक तय किये हुए डिजिट रेट (अंक दर) पर एक लोवर आरडर (नीचे की श्रेणी) में आबद्ध होती है। आगे चलकर यह डिजिटल सिगनल का नियत मान अंक दर, परवर्ति समायोजन के लिये प्रस्तुत होता है, जिसमें डिजिटल सिगनल के समान दर के सिगनल डिजिटल मल्टीप्लेक्सरस की हैर आरडर (अगली श्रेणी) का इस्तेमाल करते हैं।

डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग अनुक्रम की तीन पीडिया हैं

- (1) प्लेसियोक्रोनस डिजिटल अनुक्रम (पीडीएच)
- (2) सिन्क्रोनस डिजिटल अनुक्रम (एसडीएच)
- (3) आपटीकल ट्रान्सपोर्ट अनुक्रम (ओटीएच)

प्लेसियोक्रोनस डिजिटल अनुक्रम के प्रत्येक स्तर में डिजिटल स्ट्रीम जो साधारणतया लगभग समान क्लाक दर पर आती है, परन्तु उनमें एक बदलाव की सीमा के भीतर की घाटाओं को मल्टीप्लेक्स करके उनके अगले उच्च अनुक्रम में स्थापित किया जाता है। इसका अध्ययन् इस पाठ में किया जायेगा। पी.डी.एच. ट्रान्समिशन का प्रयोग डिजिटल माइक्रोवेव रेडियो नेटवर्क एवम् ओ.एफ.सी. नेटवर्क में किया जाता है। हालाँ कि, पी.डी.एच. लिंक जो ओ.एफ.सी. में इस्तेमाल हो रहे हैं उनका प्रतिस्थापन एस.डी.एच.लिंक द्वारा किया जा रहा है।

सिन्क्रोनस डिजिटल अनुक्रम के प्रत्येक स्तर में, सिन्क्रोनस ट्रान्सपोर्ट माइयूल का निर्माण सूचना के पेलोड, ओवरहैड बिट, और सिन्क्रोनाइसिंग मेकानिजम के समायोजन से यह अनुश्चित किया जाता है कि सभी नेटवर्क अण्यव एक मास्टर क्लाक के संदर्भ से ही चलें। इस अनुक्रम में अगले स्तर का डाटा रेट पूर्ववर्ति डाटा रेट का ठीक गुणक होता है। ए.डी.एच.ट्रान्समिशन का प्रयोग ओ.एफ.सी. लिंक्स में किया जा रहा है एवम् एक सीमित मात्रा में डिजिटल रेडियोज़ पर (ऐसे रेडियो उपस्कर कम दूरी यानि 10 कि.मी. तक कार्य करते हैं और लम्बी दूरी वाली नेटवर्क्स जिनमें अधिक संख्या में नोड हो, उनमें इस्तेमाल नहीं किये जाते)

आपटिमल ट्रान्सपोर्ट अनुक्रम में, आपरटिकल डाटा इकाई एवम् आपटिकल ट्रान्सपोर्ट इकाई को मिलाकर डाटा फ्रेम बनाये जाते हैं। इन इकाईयों को स्थानान्तरित किया जाता है नियत वेवलेन्थ पर जो वेव डिविजन मल्टीप्लेक्सिंग के नियोजन पर तय है और आपटिकल फाइबर पर ले जाया जाता है।

पी.डी.एच. में दो प्रणालियों का अनुमोदन ITU-T द्वारा G 702 में किया गया है, जिन का आधार प्रथम स्तर पर 2048 Kbps और 1544 Kbps में आरम्भ होता है। इंटरनेशनल इंटरकनेक्शन्स के लिये अधिकतम चार स्तर तय किये गये हैं। इस स्तर पर से उपर और कुछ इस अनुमोदन में चर्चित नहीं हैं। अनुमोदन G.954 के संलग्न सूची B में डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग की नीति  $4 \times 139264 \text{ Kbps} = 564992 \text{ Kbps}$  प्रणाली के लिये वार्षित है।

### 3.1.1 जापानी प्रणाली:-

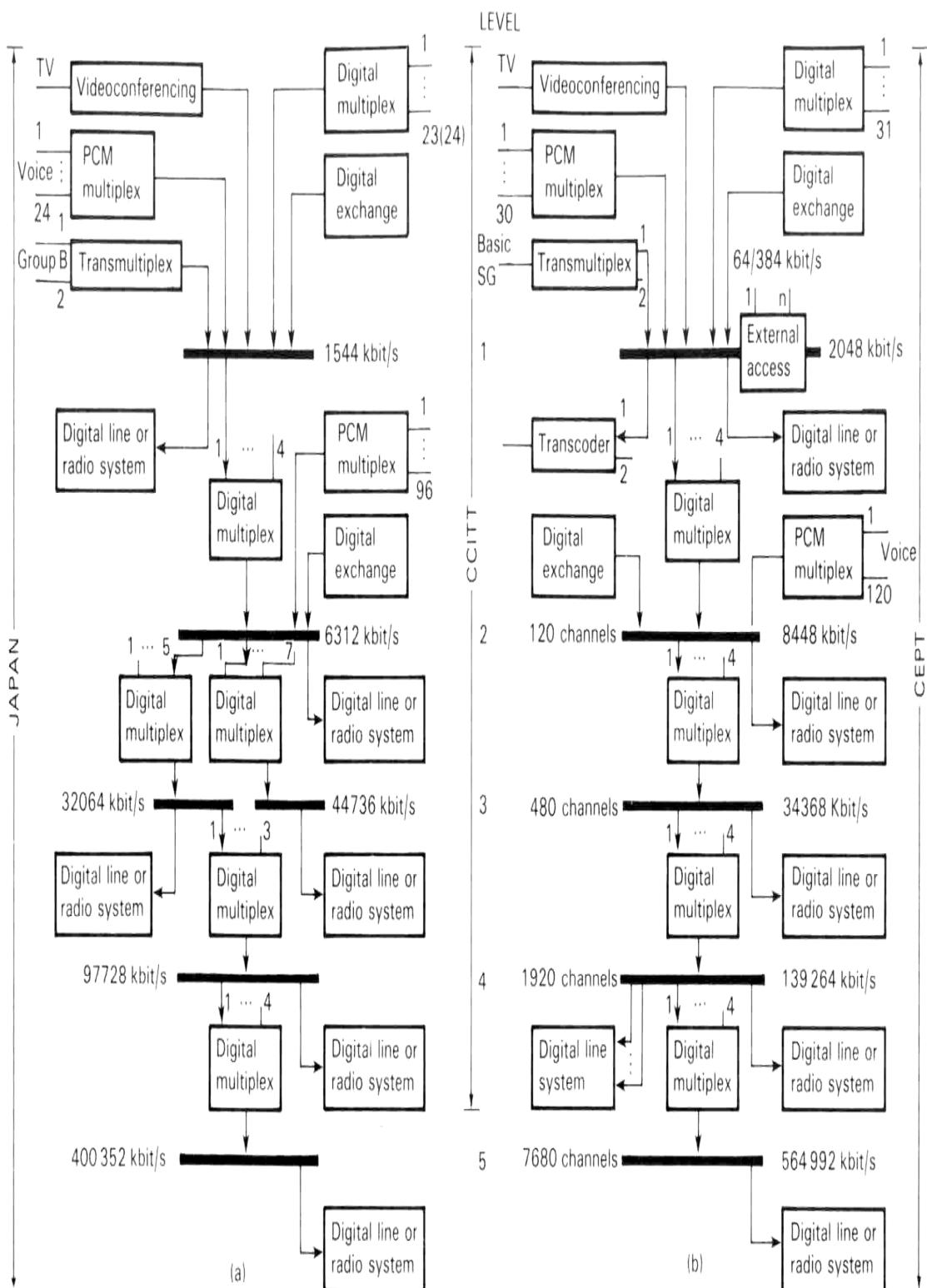
आरेख सं - 3.1 (a) पर संदर्भ करें। इस अनुक्रम का आधार प्रथम स्तर का बिटरेट 1544 Kbps (T प्रणाली) है। ITU-T के अनुमोदन G-702 के अनुसार द्वितीय स्तर की बिट स्ट्रीम 6312 Kbps की है जिसमें 96 स्पीच चैनल का संयोजन है। तृतीय स्तर को दो भागों में बाँटा जा सकता है जिसमें से एक में 44736 Kbps की अधिकतम सीमा है और 672 स्पीच चैनल से युक्त है और दूसरे में 32460 Kbps बिट स्ट्रीम की धारा को आगे चार गुनित मल्टीप्लेक्सिंग करके उसे 1440 स्पीच चैनलों की 97728 Kbps में परिवर्तित कर देते हैं। जापानी अनुक्रम इसे और एक स्तर आगे बढ़ाता है जिसके पाँचवे स्तर में 400352 Kbps धारा में 5760 स्पीच चैमल समाहित है।

### 3.1.2 यूरोपीय प्रणाली:-

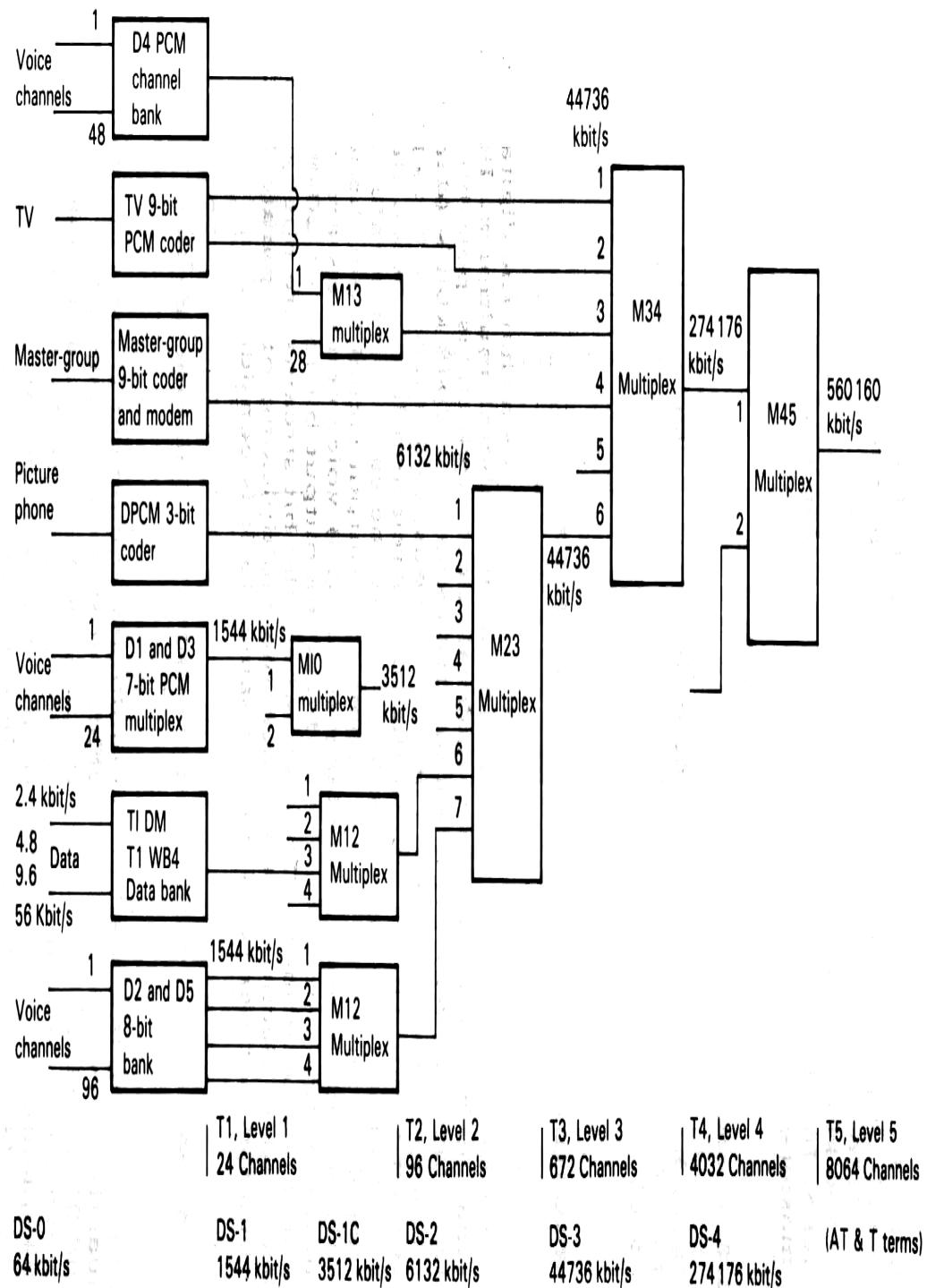
आरेख सं 3.1 (b) पर संदर्भ करें। इसका आधार है कि प्रथम लेवल में 2048 Kbps की बिट रेट हैं (इसिस्टम)। ऐ टी यु-टी के अनुमोदन G 702 के अनुसार द्वितीय स्तर के अनुक्रम में 8448 Kbps की 120 स्पीच चैमल समायोजित है और तीसरे अनुक्रम की 34368 Kbps की अनुक्रम में 480 स्पीच चैनल समायोजित है। इसी प्रकार चौता स्तर के अनुक्रम में 139264 Kbps की बिट रेट में 1920 स्पीच चैनल से समायोजित है एवम् पंचम स्तर के अनुक्रम में 56,4992 Kbps को बिट धारा में 7680 स्पीच चैनल समायोजित किया गया है।

### 3.1.3 उत्तर अमरीका प्रणालि (टी-प्रणाली में)

आरेख सं 3.2 का संदर्भ करें। इसका आधार है कि प्रथम लेवल के अनुक्रम में 1544 Kbps द्वारा किया जाता है। ऐ टी यु-टी से अनुमोदन G-702 के अनुसार द्वितीय स्तर के अनुक्रम में 6312 Kbps की बिट धारा के साथ 96 स्पीच चैनल को समायोजित किया गया है एवम् तीसरे स्तर पर 44,736 Kbps बिट धारा में 672 स्पीच चैनल समायोजित हैं। इस उत्तर अमरीकी अनुक्रम का अनुसरण कनाडा द्वारा किया गया है और इसका प्रयोग (AT&T) बेल जाक बिकसित प्रणाली पर आधारित है, जो और दो स्तर आगे तक विकसित है। इसमें स्तर चार पर 27,4176 Kbps बिटरेट के साथ 4032 स्पीच चैनल समायोजित हैं और स्तर 5 पर 56,0160 Kbps बिट धारा पर 8064 स्पीच चैनल समायोजित हैं। इस प्रणाली में FDM की एक मास्टर ग्रुप को सीधे तीसरे स्तर के अनुक्रम में प्रयुक्त किया जा सकता है, इस प्रणाली की यह एक अतिरिक्त सुविधा है।



आरेख सं 3.1 a & b, ITU-T की अनुक्रम के बिट दर, डिजिटल अनुक्रम पर आधारित नेटवर्क्स के लिये जो प्राथमिक स्तर की बिट रेट पर आधारित है।



आरेख 3.2 अवर अमरीकि डिजिटल अनुक्रम

#### a. भारत में प्रयुक्त PCM अनुक्रम

आरेख सं 3.3 का संदर्भ करें। भारत ने E प्रणाली को अपनाकर, और 2048 Kbps की प्राथमिक बिट रेट से प्रारम्भ होकर यह पाँच वे स्तर की बिट रेट धारा में 56,4992 Kbps के साथ 7680 स्पीच चैनल समायोजित किये जा सकते हैं। मल्टीप्लेक्सिंग के विभिन्न स्तरों का अध्ययन हम निम्नलिखित अनुच्छेदों में करेंगे।

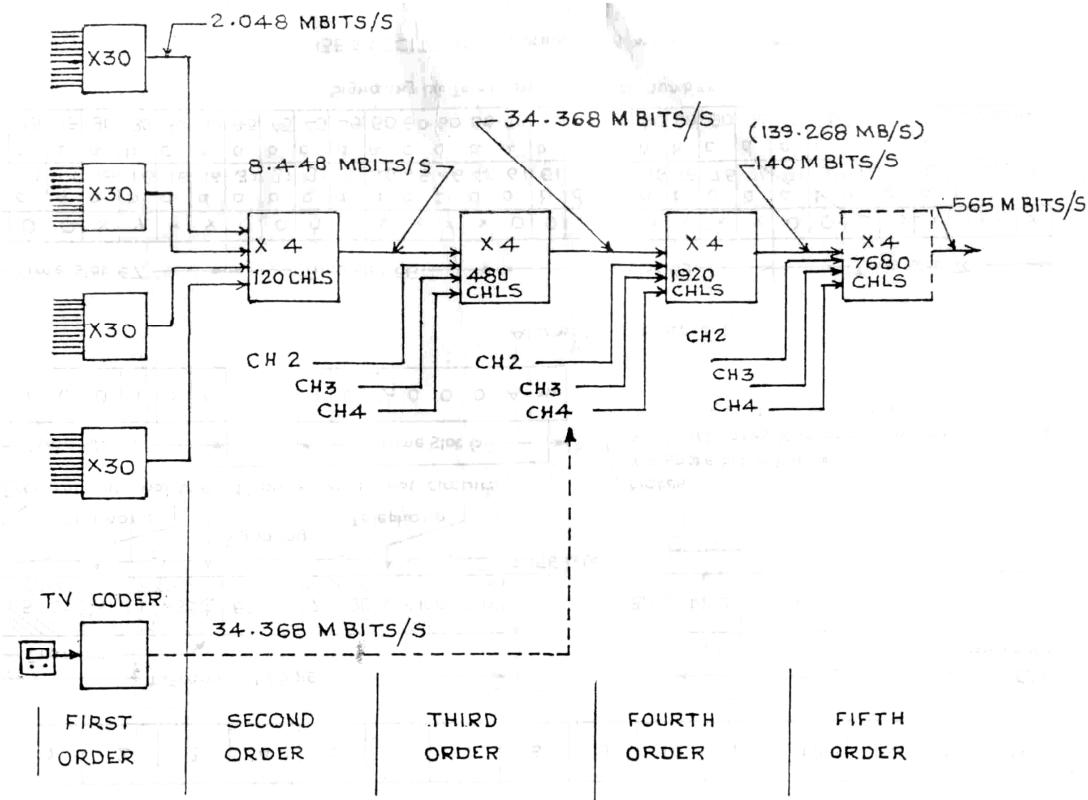


Fig. 3.3. PCM Hierarchy adopted in India

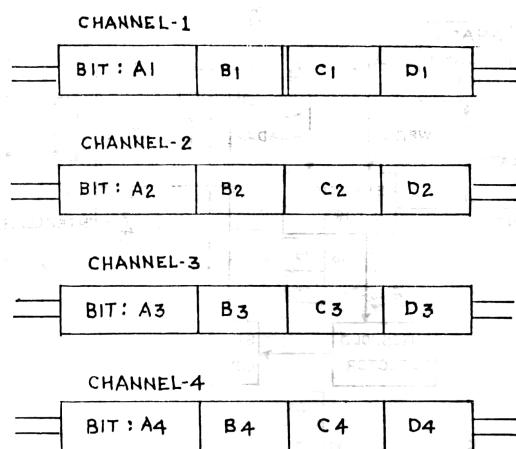
### 3.3 पी.डी.एच. मल्टीप्लेक्सिंग के मौलिकत

पी.डी.एच. मल्टीप्लेक्सिंग के दूसरे स्तर के अनुक्रम के आगे दो मूल बातें आती हैं जो अनुक्रम स्तर पर निर्भर नहीं होती। ये हैं, बिट इण्टरलीविंग और जस्टीफिकेशन।

#### बिट इण्टरलीविंग:-

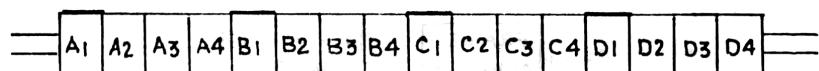
एक डिजिटल मल्टीप्लेक्सर को एक समानान्तर ट्रू सीरियल (श्रेणीक्रम) कन्वर्टर माना जा सकता है। यह इनपुट में विभिन्न (जो अक्सर मैसेज या ट्रिब्यूटरी कहलाते हैं) सिग्नल को स्वीकार करते हैं जो सामानान्तर आते हैं और इनको उचित इन्टरफेस द्वारा रूपान्तरित करके एक सिंगल आउटपुट के रूप में भेज देते हैं, जिनमें नियत समय अवधि पर प्रयोजित का प्रत्येक मैसेज को श्रेणी क्रम में प्रेसित करता है।

30 चैनल PCM से निर्मित E1 सिग्नल में बाइट इण्टरलीविंग का प्रयोग किया जाता है। परन्तु उच्च अनुक्रम की मल्टीप्लेक्सिंग में जैसे चार E1 से निर्मित E2, या चार E2 से निर्मित E3, या चार E3 से निर्मित एक E4 में बिट इण्टरलीविंग कर सिद्धान्त प्रयोग में लाया जाता है। इससे प्रत्येक ट्रिब्यूटरी से एक-एक बिट एक वक्त पर लेकर उससे आगे का मल्टीप्लेक्सड सिग्नल बनाया जाता है। चार आनेवाली ट्रिब्यूटरिस को दिखाया गया है, आरेख सं 3.4 (a) में उससे उत्पन्न मल्टी प्लेस्सड सिग्नल जो बिट इण्टर लीविंग से बना है जिसे आरेख सं. 3.4 (b) में दिखाया गया है।



आरेख सं 3.4 (a) आनेवाली ट्रिब्यूटरीस

BIT INTER LEAVED .

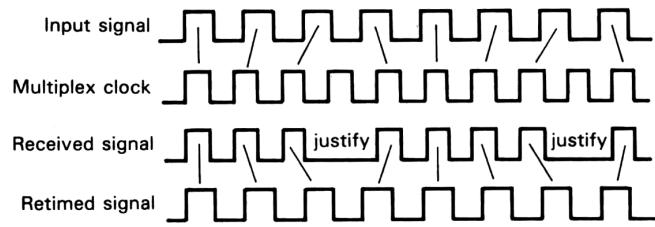


आरेख सं. 3.4 (b) बिट इण्टरलीविंग द्वारा उत्पन्न मल्टीप्लेक्सड सिगनल

### जस्टीफिकेशन (औचित्य)

पी.डी.एच. प्रणाली में हम जिन ट्रिब्यूटरीज को मल्टीप्लेक्स करते हैं उनके क्लाक में एक दूसरे से स्वतन्त्र है, परन्तु उनके आपस में परिवर्तन की सीमा को एक सुनिश्चित रेज में बाँध कर रखा जाता है। ऐसी ट्रिब्यूटरीज को मल्टीप्लेक्सिंग के लिये एक अति जटिल प्रक्रिया का प्रयोग किया जाता है जिसे जस्टीफिकेशन कहा जाता है। इसमें विभिन्न ट्रिब्यूटरीज को दर की परिवर्तन को स्वीकार किया जाता है जिससे कि वे मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर की क्लाक से उचित ढंग से योजित हों।

आरेख 3.5 के अनुसार मान लीजिये कि इनपुट में ट्रिब्यूटरी सिगनल अपने आपेक्षित स्थान पर मल्टीप्लेक्सर के चैनल में प्रवेश करता है और इनकमिंग सिगनल की अपेक्षा, मल्टीप्लेक्सर का क्लाक किन्चित तेज चल रहा है, फलतः ऐसा होगा कि ट्रान्समिटेड सिगनल में पिरियाडिकली एक अतिरिक्त टाइम स्लाट उत्पन्न हो जायेगा और जिसमें किसी एक इनकमिंग डिजिट या किसी आकस्मिक डिजिट की पुनरावृत्ति होगी। अतएव आउट पुट प्रणाली में डिजिटल एरर (त्रृटी घटित) कोई भी दोनों में एक के बजह से है, और फिर इसे रिसिविंग टर्मिनल्स तक प्रसारित करके इस सूचना के द्वारा उस उत्पन्न त्रृटी को रिसिवर में निरस्त करने की व्यवस्था करनी पड़ेगी। अन्यथा जस्टीफिकेशन को यह भी कहा जा सकता है कि यह वह प्रोसेस है जिसके द्वारा डिजिटल सिगनल के डिजिट रेट में परिवर्तन को ऐसे नियन्त्रित ढंग से चलाये कि यह विविध डिजिट रेट के साथ अपने मूल डिजिट रेट के साथ में समायोजित हो सके, जिससे कि सूचना का नुकसान भी न पहुँचे। (ITU-T की परिभाषा 4022 की अनुमोदन G.702) में निहित हैं।



आरेख 3.5 पाजिटिव पल्स स्टफिंग या फाजिटिव जस्टीफिकेशन

### पाजिटिव जस्टीफिकेशन:-

मान लिया जाए कि मल्टीप्लेक्सर की आउटपुट का बिट रेट  $F$  kbps है और इनपुट डाटा की धारा का मान  $f$  kbps है। इस पाजिटिव जस्टीफिकेशन प्रणाली में मल्टीप्लेक्सर की आउटपुट बिट रेट  $F$  को इस प्रकार बड़ा कर रखें कि वह इनपुट में आने वाली सभी ट्रिब्यूट्रीयों में उच्चतम् बिटरेट मान के योग से बड़ा हो जैसे कि

$$F > 4f \quad \dots \dots \quad (4.1)$$

ITU-T प्रणाली और अन्य प्रायोगिक मल्टीफ्लेक्सिंग सिस्टम इस जस्टीफिकेशन की व्यवस्था को पूर्व आवंटित टाइम स्लाट्स पर ही संकुचित रखते हैं जिससे कि प्रणाली कि डिजाइन को सरल बनाया जा सके। पूर्व आवंटित सीमा को ध्यान में रखकर इनपुट ट्रिब्यूट्रीज़ को मान परिवर्तन की सीमा को निम्न समीकरण 4.2 द्वारा दिखाया जा सकता है।

$$4f_{\max} - 4f_{\min} = 4j \quad \dots \dots \quad (4.2)$$

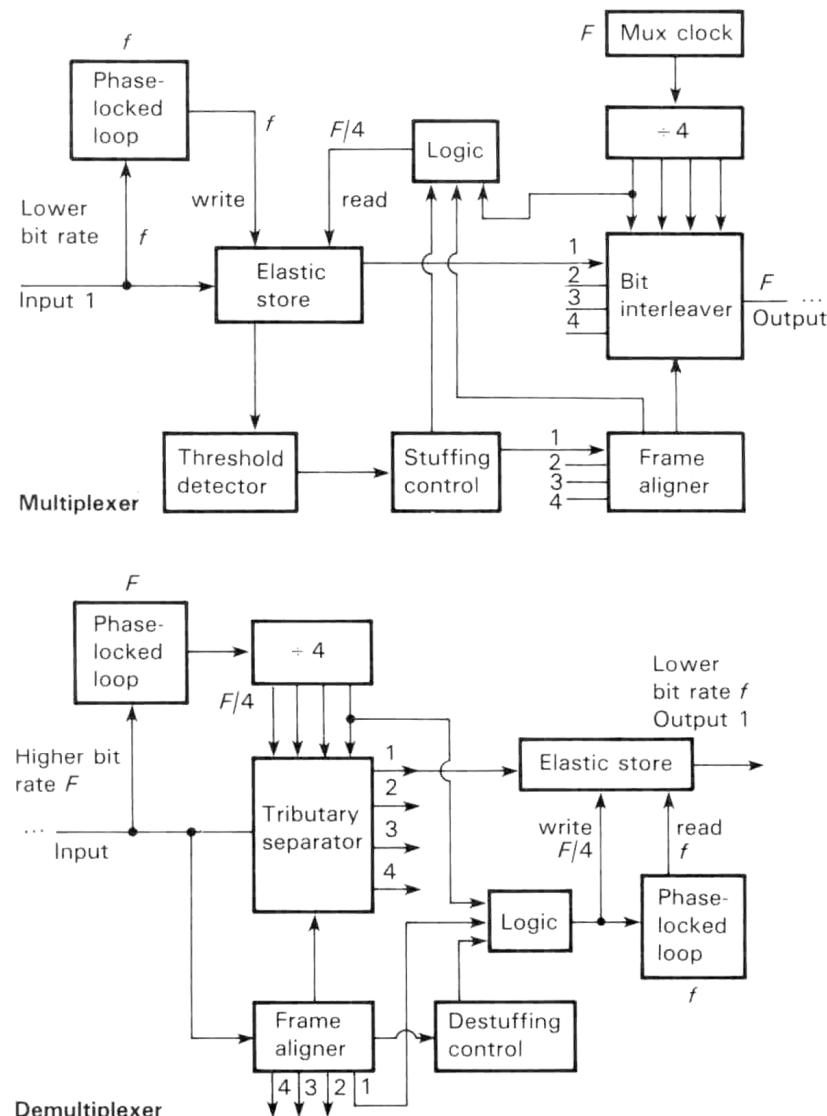
जहाँ 'j' वह संख्या है जो तर्कसंगत टाइम स्लाट प्रति सेकेण्ड प्रति ट्रिब्यूट्री को इंगित करता है।

पाजिटिव जस्टीफिकेशन प्रणाली में, जैसे कि आरेख 3.5 में, दिखाया गया है कि आउटगोइंग मल्टीप्लेक्स सिग्नल टाइम स्लाट्स में रेट, सभी इनकमिंग डाटा बिटरेट को जोड़ने से भी बड़ाने की समायोजित करके उसे उपलब्ध किया जा सकता है, जैसे कि यह समीकरण 4.2 में दिखाया गया है। यह उस बिट रेट अन्तर या आकृती में अन्तर को प्रदर्शनत करता है जो आउट पुट (मल्टीप्लेक्सेड क्लाक आकृती) और इनपुट सिग्नल बीच का है। अन्यता इसे ऐसे प्रदर्शित किया जा सकता है। एक सिग्नल को दूसरे सिग्नल के आपेक्षा इकाई समय में होने वाली फेस परिवर्तन के रूप में अगर मान लिया जाये कि रेफरेन्स (संदर्शित) सिग्नल को मल्टीप्लेक्स क्लाक सिग्नलगै, तो इनपुट सिग्नल का लगातार परिवर्तन संदर्शित सिग्नल के आपेक्षा होता रहेगा। यह परिवर्तन उस समय तक जारी रहेगा जब तक कि प्रणाली यह तय करता है कि वह सीमा से परे हो गई है और अब जस्टीफिकेशन की जरूरत है। इस परिस्थिती में एक संवाद भेज दिया जाता है रिसिविंग टरमिनल्स को जस्टीफिकेशन सर्विस डिजिट्स द्वारा यह सूचित करने के लिये कि अगला टाइम स्लाट में इसका जस्टीफिकेशन किया जाना है। इस सूचना की स्वीकृती और जस्टीफाइड सिग्नल प्राप्त होने पर, रिसिव टरमिनल अगले जस्टीफाइड टाइम स्लाट की निरस्त कर देता है। प्राप्त सिग्नल में एवम् इस प्रकार मूल इनपुट ट्रिब्यूट्री का पुनरस्थापन हो जाता है।

ट्रान्समिशन चैनल्स में एरेर (त्रुटी) से उत्पन्न विसंगतियों को ट्रान्समिटेड जस्टीफिकेशन सर्विस बिट्स के प्रभावित होने पर और गलत निर्धारण और गलत सूचना को टाइम स्लाट में डालने पर रिसिव सैड पर, यह त्रुटी पैदा करेगा और संभवतः लास आफ फ्रेम अलाइनमेन्ट भी घट जायेगा। अतएव जस्टीफिकेशन सर्विस डिजिट्स को तीन प्रतियों में ट्रान्समिट किया जाता है। कोड 111 को पाजिटिव जस्टीफिकेशन एवम् 000 कोड जस्टीफिकेशन के न होने पर। तीन डिजिटों में से किसी एक के भ्रष्ट होने पर कोड के मेजारिटी बिट से निर्णय निकाला जाता है, जैसे कि कोड 110 प्राप्त होता है तो उसे 111 में परिणत कर सकते हैं परन्तु 100 के प्राप्त होने पर इसे 000 में परिणत माना जाता है और परिणाम स्वरूप जस्टीफिकेशन कार्य कारी नहीं होता।

कृपया संदर्शित आरेख 3.6 देखें, जिसमें द्वितीय स्तर की मल्टीप्लेक्सिंग में पाजिटिव जस्टीफिकेशन प्रोसेस का प्रयोग हुआ है। मान लिया जाए कि चार ट्रिब्यूटरीज में से एक जो मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर में प्रवेश कर रहा है और हम इसे एक नम्बर की इनपुट से जानते हैं। 2048 Kbps की स्तर कि बिट स्ट्रीम जो इनपुट में प्रवेश कर रही है, ए डिटेक्शन बिट स्ट्रीम में से फेज लाक लूप द्वारा होकर उसमें से टाइम की सूचना “f” निकाल लेती है और फिर उस बिट स्ट्रीम को इलास्टीक स्टोर या बफर स्टोर में प्रवेश कराया जाता है। इस स्टोरड बिट्स को उस आन्तरिक क्लाक को टाइमिंग के साथ इलास्टिक स्टोर से रीड आउट किया जाता है, जो मल्टीप्लेक्स क्लाक (F) का एक चौथे भाग के बराबर है। यह आवृत्ति (F/4), बाहरी क्लाक आवृत्ति f से थोड़ा अधिक हैं, क्योंकि इसकी वयवस्था मल्टीप्लेक्स आउट पुट फ्रेम संरचना में करना हैं, जस्टीफिकेशन कन्ट्रोल बिट्स, जस्टीफिकेशन बिट, और फ्रेम अलाइनमेन्ट सिगनल को स्थान प्रदान करना है, यानि सभी ओवर हेड बिट्स की। इसका परिणाम यह होगा कि पल्स को पढ़ने के क्रम में यह अधिक गति की रेट से चलेगा वनिस्पत वह दर जिससे वह पल्स संचित हुआ है। परिणाम स्वरूप क्रमित रूप से इलास्टिक स्टोर में संचित बिट्स को संख्या की कमी होगी। यह सिर्फ ऐसा नहीं है कि, रीड पल्स को प्रभावी डंग से निष्क्रिय कर दिया जाता है उन स्थानों पर जहाँ ओवरहेड बिट्स संभावित होंगे और इस प्रकार दूसरे इनपुट पल्स निष्क्रीयता की अवधि के दौरान इलास्टिक स्टोर में (रीड) संचित हो जाता है। इसका थ्रेशोल्ड (पराकाष्ठा) डिटेक्टर इसका मान दोनों क्लाक आवृत्तीयों के अन्तर वे तराबर होता है। यह घटना रीड (म्यूटिंग) निष्क्रीयण के बाद घटित होती है। थ्रेशोल्ड डिटेक्टर के सूचना देने के बाद हो स्टफिंग कन्ट्रोल पठन में मनाही करता है, परिणाम स्वरूप शून्य अवस्थासेयुक्त बिट्स की स्टफिंग निर्धारित टाइम स्तार के नाम से जाना जाता है। यह डिजिटल स्ट्रीम में युक्त होकर क्लाक आवृत्ती के अन्तर को बतलाती है।

आरेख 3.6 द्वितीय स्तर की मल्टीप्लेक्स प्रणाली में प्रयुक्त, धानात्मक जस्टीफिकेशन और पल्स स्टफिंग की अवधारण एक कम में यदि स्टोर (भंडार) भर रहा है या भर गया है जब वियत जस्टीफाइएबल टाइम स्लाट घटित हो रही है तो टाइम स्लाट का प्रयोग कर लिया जाता है। यदि भंडार रिक्त है तो उस वक्त उसे नराण्य कर दिया जाता है। बिट्स के पद (स्टाटस) के समबन्ध में सूचना (कि वह जस्टीफिकेशन की है या जस्टीफिकेशन रहित है) को भी पूर्व निर्धारित टाइम स्लाट में डाल दिया जाता है बिट स्ट्रिम में अन्य सर्विस विट्स के साथ एवम् इसे रिमोट छोर की ओर स्टोर उपलब्द करा दिया जाता है।



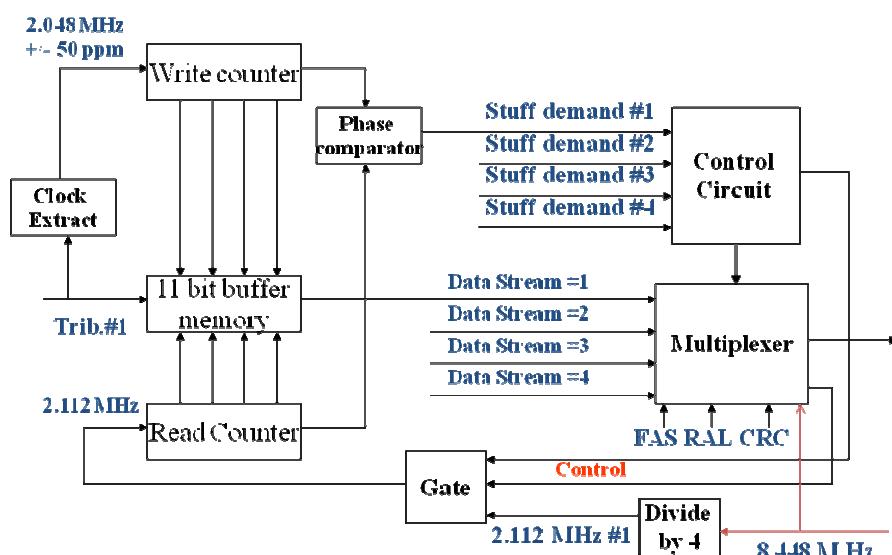
**Fig.3.6 Block Diagram Concepts Of Positive Justification Or Positive Pulse Stuffing In II Order Multiplex System**

स्टफिंग कन्ट्रोल द्वारा नियत जस्टीफाइड पोजिशन पर, स्टोर में लेखन के क्रम में संकेत पैदा करता है, जिससे कि नल (शून्य) बिट्स को निकाला जा सके, जो स्टफिंग अथवा जस्टीफिकेशन के दौरान डाले गये हैं।

चूंकि जस्टीफिकेशन के बिट्स को हटाना रिसिव क्लाक की गति में द्रुत परिवर्तन लाती है, एक अन्य फेस लाक लूप की व्यवस्था की जाती है जिससे कि पल्स स्मृतिनिंग और पढ़ने योग्य हो जाये इलास्टिक स्टोर में। फेस लाक लूप का नियोजन किया गया है सुचारू कार्यान्वन, तथा सीमा के भीतर विविधेताओं से युक्त डिजिट परिवर्तन की रेट के लिये। ITU-T की सिफारिश G.742 उन विवरणों को प्रयान करता है जो दूसरे स्तर की डिजिटल मल्टीप्लेक्स या उपस्करों के लिये जो 8488 Kbps पर कार्य करते हैं और क्रमशः पाजिटिव जस्टीफिकेशन का इस्तेमाल करते हैं ITU-T की सिफारिश G.751 के अनुसार तीसरे और चौथे स्तर की डिजिटल मल्टीप्लेक्स उपस्कर की विवरण में कार्यकारी आवृत्ति को क्रमशः 34368 Kbps अब हम E अनुक्रम (2048Kbps) के अनुसार दूसरे, तीसरे, और चौथे स्तर की पीडेच मल्टीप्लेक्सिंग का परिक्षण करेंगे।

**3.4 द्वितीय स्तर की डिजिटल मक्स:** चार 2 ---- की ट्रिब्यूटरीज़ को समाकलन करके एक 8.448 ---- समायोजित धारा बनाना तथा धारा से ट्रिब्यूटरीज़ की अवकलन करने की चर्चा हम इस अनुस्लेद में करेंगे।

संदर्भित आरेख 3.7 (a) को देखें। एक 8488 Mbps की क्लाक को चार से विभाजित करके 2.112 Mbps की क्लाक से चार अलग अलग ट्रिब्यूटरीज़ को चलाया जा रहा है। प्रत्येक 2.112 Mbps क्लाक को अपने से पूर्ववति फेज़ से चौथाई (A/4) आउट आफ फेज़ करके भेजा जाता है। इन क्लाक सिग्नलों को 8 बिट बफर मेमोरी से डाटा आऊट को पढ़ने के लिये प्रयोग किया जाता है। आरेख 3.7 में गात्र एक चैनल को दिखाया गया है। एवम् E2 (8.448 Mbps सिग्नल) को प्रेम संरचना को आरेख सं 3.7(b) में दिखाया गया है।



आरेख सं 3.7 (a) द्वितीय आडर की डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग का ब्लाक ड्रायग्राम

एक गेट, जिससे 2112 KHz क्लाक सिग्नल आगे बढ़ते हैं और उसे मल्टीप्लेक्सर और स्टफिंग सक्रिय द्वारा नियंत्रित किया जाता है। जब ओवरहेड बिट्स जैसे फ्रेम अलाइनमेन्ट सिग्नल, रिमोट अलार्म बिट, भविस्य यूज़ बिट, जस्टिफीकाशन (औचित्य) कन्ट्रोल बिट और जस्टिफीकाशन बिट को 8 Mbps की डाटा स्ट्रीम में डाला जाता है, तब उन पल्सेस को जो 2112 KHz क्लाक के अपेक्षा होते हैं, को रोक दिया जाता है। इसका परिणाम स्वरूप 2112 KHz क्लाक के रूकने पर इसे 2 Mb की ट्रान्समिट रीड क्लाक के नाम से जान जाता है चूंकि दोनों ट्रान्समिट रीड काउन्टर और ट्रान्समिट राइट काउन्टर की आउट पुट की तुलना की जाती है, इससे 2 Mb ट्रान्समिट रीड क्लाक के पास इनकमिंग डाटा के रेट की मान नामिनल सूचना (नाम मात्र की जानकारी) प्राप्त हो जाती है।

एक 11 बिट की बफर मेमोरी को प्रत्येक 2 Mb ट्रिब्यूटरी के लिये आवंटित किया गया है। ट्रिब्यूटरी डाटा जिसे 2 Mb डाटा के नाम से जाना जाता है और इसे 11 बिट की बफर मेमोरी में लिखा जाता है। 2 Mb ट्रान्समिट राइट (लेखन) क्लाक के संगत में जो ( $2048 \text{ KHz} + 50 \text{ ppm}$ ) के बराबर है और जिसे, उसी के ट्रिब्यूटरी डाटा से निकाला गया है। यह लक्षित है कि सूचना (इनफारमेशन) की लोडिंग और अनलोडिंग अलग - अलग दरों पर हो रही है। लोडिंग (लेखन) की दर सतत (कानस्टेन्ट) है जब की अनलोडिंग (पठन) की दर यद्यपि अधिक है, बाधित होती है क्योंकि इसका बिट दर, लोडिंग दर से अधिक होता है।

2 Mb की ट्रान्समिट राइट (लेखन) क्लाक और 2 Mb की बाधित रीड क्लाक की सुहृत्ता अपेक्षाकृत कम होती है (30 ppm रीड क्लाक के लिये) इस तुलनात्मक बदलाव की काम्पनसेट (भरपाई) के लिये एक फेज काम्परेटर जिस में दो घड़ियों के फेज डिफरेन्स (अन्तर) पर निर्भर थ्रेशोल्ड मान से अधिक जाने पर उसे डिटेक्ट करने और संसूचित करने की क्षमता होती है। जब फेज डिफरेन्स, तयमान थ्रेशोल्ड पर पहुँचता है, तब रीड (पठन) क्लाक को पूर्ववर्ति बिट पढ़ने से रोक दिया जाता है। इससे बचने के लिये फेज का सपरेटर एक स्टफिंग परिपथ नियंत्रित करके उसे रोकता है जिससे कि 2112 KHz क्लाक पल्स को टाइम स्लाट # 155 में उस ट्रिब्यूटरी के सापेक्ष। यह जान लिया जाए आरेख सं, 3.7 (b) द्वारा कि प्रत्येक टाइम स्लाट चार बिट का बहन करता है - और हर बिट प्रत्येक ट्रिब्यूटरी के लिये बना है। TS-155 में डाटा रहता है जब जेसीबी (JCB) में 000 पड़ा होता है और जेसीबी 111 होने पर उसमे जस्टीफिकेशन बिट माना जाता है। यह नियम लागू होता है। प्रत्येक बिट के लिये जो TS-155 में है JCB के सापेक्षिक ट्रिब्यूटरी के लिये।

	FAS		A	N	#1	#2			#50
Set I								↔	
<hr/>									
Set II	C1	#51	#52	#53	#54			↔	#102
<hr/>									
Set III	C2	#103	#104	#105	#106			↔	#154
<hr/>									
Set IV	C3	#155	#156	#157	#158			↔	#206
<hr/>									

Frame size: 212 Bits X 4 sets = 848 Bits

FAS: Frame Alignment Signal (1111010000) A: Remote Alarm (1=Alarm) N: Resvd

=1 to #206 (excl.#155): Each a set of 4 bits; 1 bit from each Tributary

C1 to C3: Justification Control bits (1<sup>st</sup> bit of each for Trib. 1 etc. – 111: Justification)

=155: Justification Bits of each tributary

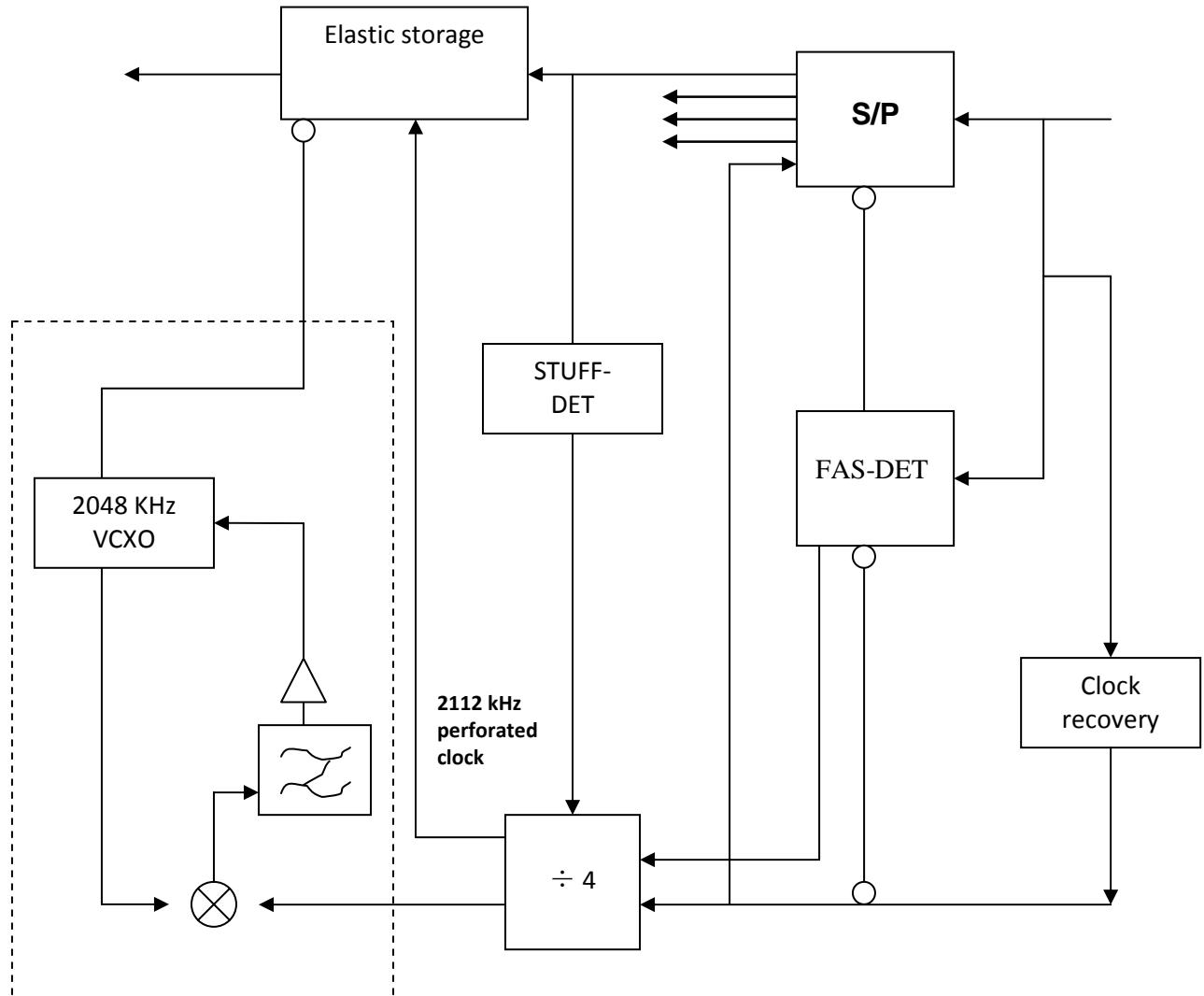
### आरेख 3.7 (b) E2 (8.448 Mbps सिगनल की फ्रेम संरचना

**ट्रिब्यूटरीज का पुनर्स्थापन:** कृपया संदर्भित आरेख 3.7 (c) देखे। इनकमिंग 8 Mbps सिगनल में से मल्टीप्लेक्सर सिन्क्रोनाइजिंग वर्ड और 8.448 Mbps की क्लाक को निकालकर उसमे से फिर इनपुट सिगनल की धारा से चार समानान्तर 2.112 Mbps की स्ट्रीम को स्थापित करता है। फिर इस 2.112 Mbps की डाटा स्ट्रीम को एक इलास्टिक मेमरी में लिखा जाता है, 2.112 Mbps की राइट क्लाक की मदद से जो 2.112 MHz (रीसिव क्लॉक (4) पर चलती है।)

राइट क्लाक छेदित (परफोरेटेड) क्लाक है, जो निर्दिष्ट अन्तराल में किया जाता है, FAS बिट के स्थान JC बिट और जस्टीफिकेशन बिट के स्लाट के सापेक्ष होती है। चूँकि क्लाक को बाधित किया जाता है, इसकी डाटा को कारगर रूप से इलास्टिक स्टोर में लिख लिया जाता है 2.048 Mbps की निम्नतम दर पर, इलास्टिक स्टोर की इनपुट यद्यपि इससे ज्यादा दर पर चलती है।

यह ध्यान देने योग्य बात है कि चाहे, जो कार्यान्वयन किया गया है, वह मल्टीप्लेक्सर में किये गये कार्य का उल्टा है। मल्टीप्लेक्सर में, डाटा को इलास्टिक स्टोर से पढ़ा गया या रीड क्लाक की मदद से जिस में परफोरेशन (छेदन) की व्यवस्था की गई थी।

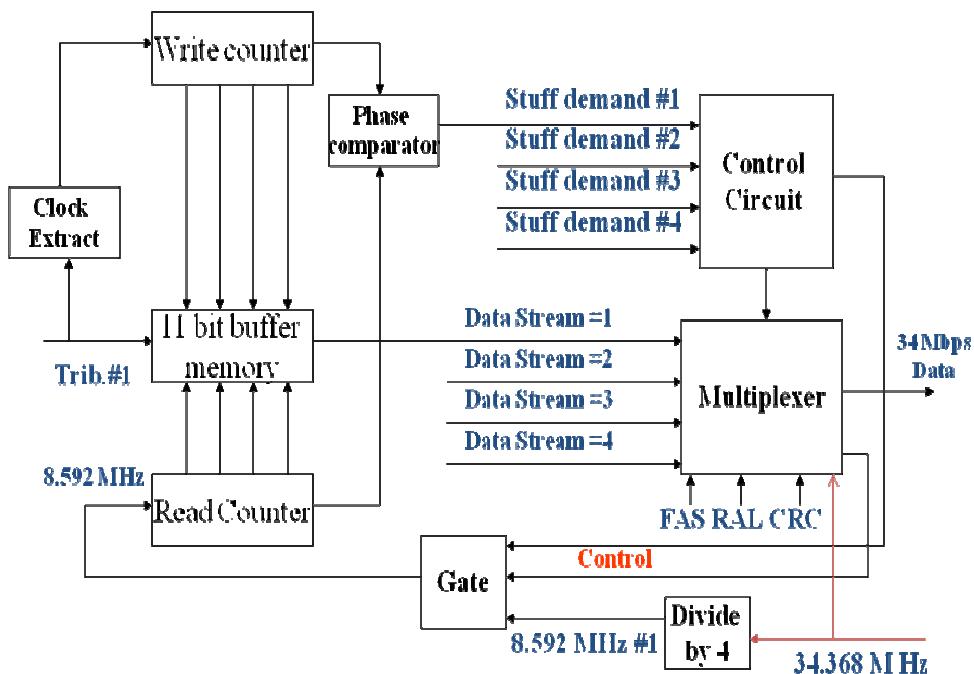
इलास्टिक स्टोर के लिये रीड क्लाक 2.048 MHz की VCXO से प्राप्त किया जाता है जो 2.112 MHz की क्लाक से फेज लाकड़ होती है। इस डाटा को 2 Mbps की इंटरफेस पर भेजा जा सकता है जो HDB-3 की कोडिंग करके अग्रिम ट्रान्समिशन के लिये।



आरेख 3.7 (c) द्वितीय अनुक्रम की मक्स में से ट्रिब्यूटरी का पुनर्स्थापन.

**3.5 तृतीय स्तर की डिजिटल मक्स:** तृतीय स्तर की डिजिटल मक्स का ब्लाक डायग्राम आरेख सं. 3.8 (a) में दर्शित है और इस की फ्रेम संरचना का विवरण आरेख सं. 3.8 (b) में वर्णित है। प्रत्येक फ्रेम में 1536 बिट है। इनकमिंग ट्रिब्यूटरी 8.448 Mbps रेट पर है।

बिट स्ट्रीम की एकीकरण की प्रक्रिया द्वितीय स्तर की मल्टीप्लेक्सर के जैसी ही है। इसमें फ्रेम सैज और क्लाक कि रेट विभिन्न है। डाटा का रीड इन क्लाक 8.592 MHz है। इनकमिंग डाटा का दर 8.448 Mbps  $\pm 30$  ppm है। प्रत्येक फ्रेम में 378 टाइम स्लाट हैं और हर स्लाट में चार बिट्स हैं। FAS और सर्विस डिजिट फ्रेम के पहले बारह बिट्स होते हैं। जस्टीफिकेशन बिट्स TS-284 में हैं।



आरेख 3.8 (a) तृतीय स्तर की मल्टीप्लेक्सर का ब्लॉक डायग्राम

यह नोट किया डाय कि TS-284 का प्रयोग 8 Mb स्तर के रिमोट लूप बैक (डाटा और जस्टीफिकेशन बिट्स के अतिरिक्त) के लिये भी किया जाता है। यदि JC1, JC2 और JC3 में 000 हों तो टाइम स्लाट-284 में डाटा का बहन होता है, और यदि वे 111 हों तो टाइम स्लाट 284 के बिट्स में रिमोट लूपबैक की सूचना रहती है। “0” लूपबैक को अनुरोध को इंगित करता है एवम् “1” अनुरोध नहीं को इंगित करता है।

	FAS		A	N	#1	#2		#93
Set I							↔	
Set II	C1	#94		#95	#96	#97	↔	#188
Set III	C2	#189		#190	#191	#192	↔	#283
Set IV	C3	#284		#285	#286	#287	↔	#378

Frame size: 384 Bits X 4 sets = 1536 Bits

FAS : Frame Alignment Signal (1111010000) A: Remote Alarm (1-Alarm) N: Resvd

=1 to #3~8 (excl. #284): Each a set of 4 bits; 1 bit from each Tributary

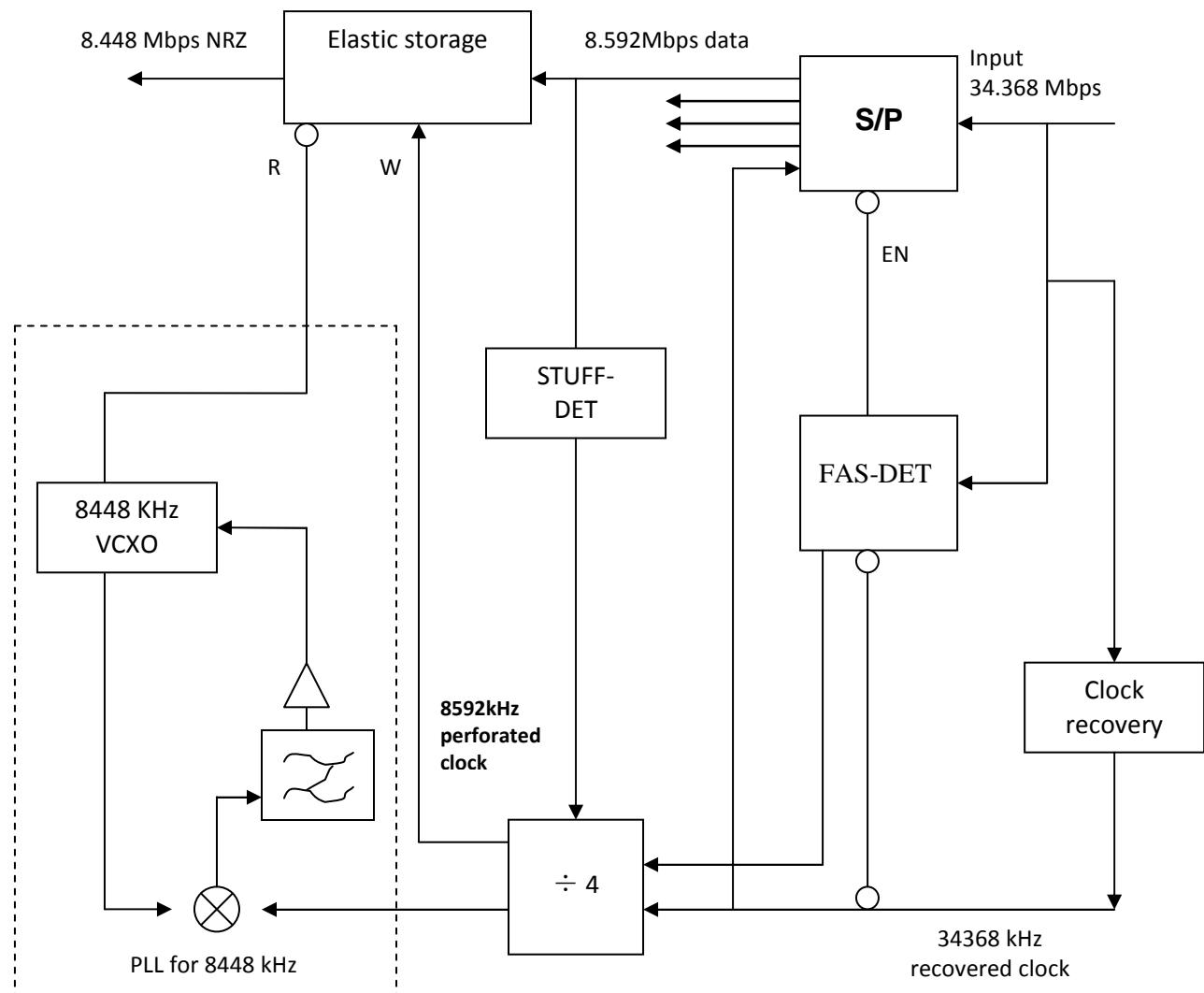
C1 to C3: Justification Control bits (1<sup>st</sup> bit of each for Trib. 1 etc. – 111 = Justification)

=284: Justification Bits of each tributary

आरेख 3.8 (b), E3 (34.368 Mbps) सिग्नल की फ्रेम संरचना

**ट्रिब्यूटरीज़ का पुनर्स्थापन:-** संदर्भित आरेख 3.8 (c) देखें डीमल्टीप्लेक्सर इनकमिंग 34.368 Mbps सिग्नल में से सिनक्रोनाइजिंग वर्ड को खोज निकालता है, 34.368 Mbps की क्लाक को अर्जित करता है और इनपुट सिग्नल को प्रत्येक चार समानान्तर 8.592 Mbps की धाराओं में परिणत करता है। 8.592 Mbps कि इस डाटा स्ट्रीम को इलास्टिक स्टोर में लिखा जाता है एवं राइट क्लाक की सहायता से जो 8.592 MHz (रिसिव क्लाक) की दर पर चलता है।

राइट क्लाक 8.552 MHz का परफोरेटेड क्लाक है। पेरफोरेशन का उपयुक्त अन्तराल पर FAS बिट की स्थिती, JC और जस्टीफिकेशन बिट स्लाट से सापेक्ष दिया जाता है। चूंकि क्लाक को बाधित किया जाता है, डाटा को कार्यकारी रूप से इलास्टिक स्टोर में 8.448 Mbps की न्यूनतम दर के लिख लिया जाता है, यद्यपि इलास्टिक स्टोर की इनपुट की दर कुछ उच्चतर है।

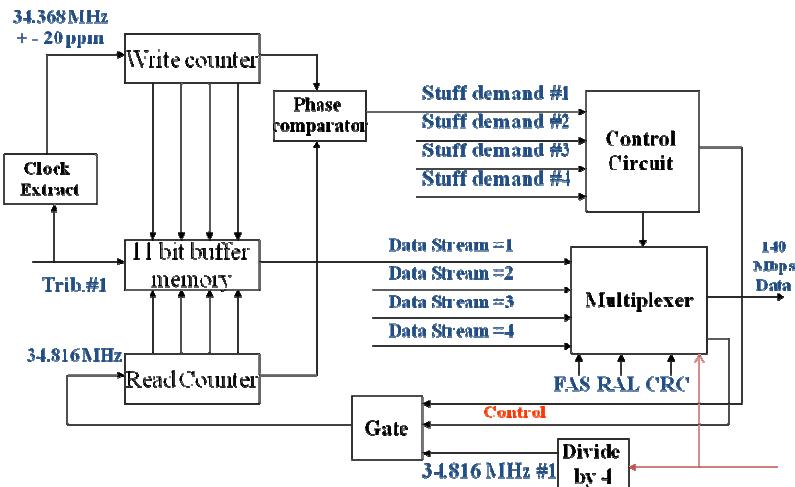


आरेख 3.8 (c) तृतीय स्तर को मक्स में ट्रिब्यूटरीज़ का पुनर्स्थापन

यह जाने योग्य बात है ति जो आपरेशन यहाँ किया जाता है वह मल्टीप्लेक्स स्तर किये जाने वाले आपरेशन का उल्टा है। मल्टीप्लेक्सर में रीड क्लाक की परफोरेशन सुविधा प्रदान करके डाटा को इलास्टिक स्टोर से पढ़ा जाता हैं।

इलास्टिक स्टोर का रीड क्लाक 8.448 MHz की VCXO से प्राप्त किया जाता है जो 8.592 MHz की क्लाक के साथ फेज लाक लूपड है। इस प्रकार आगे की प्रक्रिया चलाने के लिये डाटा को E2 यानी 8.448 MHz की इंटरफेस पर लाया जाता है।

**3.6 चतुर्थ आर्डर की डिजिटल मक्स:** IV आर्डर की डिजिटल मक्स का ब्लाक चित्र आरेख सं 3.9 (a) में और E4 यानि 139.264 Mbps की फ्रेम संरचना को आरेख सं. 3.9 (b) में दर्शित है। प्रत्येक फ्रेम में 2928 बिट्स होते हैं। इनकमिंग ट्रिब्यूटरीज़ का रेट 34.368 Mbps का होता है।



आरेख 3.9 (a) चतुर्थ आर्डर की डिजिटल मक्स का ब्लाक डायग्राम

इसमें बिट स्ट्रीम एकीकरण की प्रोसेसिंग तृतीय आर्डर के मक्स के समान है। सिर्फ फ्रेम का आकार और क्लाक का दर उससे भिन्न है। डाटा रीड इन क्लाक 34.816 MHz पर चलती है जब की इनकमिंग डाटा का दर 34.368 Mbps  $\pm$  30 ppm रखा जाता है। एवम् प्रत्येक फ्रेम में 2928 टाइम स्लाट होते हैं जिनमें 4 बिट हर एक स्लाट पे होते हैं। FAS की पहली 12 बिट्स फ्रेम में नियत होता है, आलार्म और नेशनल बिट्स अगली चार बिट्स में डाली जाती है। जस्टीफिकेशन बिट्स टाइम स्लाट-603 में स्थित होती है और जस्टीफिकेशन कन्ट्रोल बिट्स पाँच बिट प्रति ट्रिब्यूटरी में होती है, जो निर्णय लेने की सुविधा के लिये रखा जाता है।

	FAS					A	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	#1		#118
Set I												
Set II	C1	#119	#120	#121	#122							#239
Set III	C2	#240	#241	#242	#243							#360
Set IV	C3	#361	#362	#363	#364							#481
Set V	C4	#482	#483	#484	#485							#602
Set VI	C5	#603	#604	#605	#606							#723

#### टिप्पणी

प्रेम साइज़:- 22 बिट्स X 4 सेट ग.. 488 बिट / सेट और 4 सेट 2928 बिट्स

FAS = फ्रेम अलाइनमेन्ट सिग्नल (111110100000)

A & N बिट्स: A: रिमोट अलार्म(1 - अलार्म) ; N1 = पारिटी, N2 & N3 रिसर्व # 1 से # 723 (# 603 को छोड़कर); प्रत्येक में 4 बिट का एक सेट, 1 बिट प्रत्येक ट्रिब्यूटरी से

C1 से C5: जस्टीफिकेशन कन्ट्रोल बिट्स (11111> जस्टीफिकेशन ; 000007 नो जस्टीफिकेशन)

# 603 जस्टीफिकेशन बिट्स प्रत्येक ट्रिब्यूटरी के,

आरेख सं 3.9 (b) E4 (139.264 Mbps) सिग्नल की फ्रेम संरचना

इसे नोट किया जाये कि TS-603 का प्रयोग 34.368 Mbps लेवल के डाटा और जस्टीफिकेशन बिट्स के अतिरिक्त 34.368 Mbps की E-3 के रिमोट लूप बैक के लिए भी किया जाता है। यदि JC1 से JC5 का मान 00000 है, तो TS-603 के बिट्स डाटा का होता है और यदि 11111 से तो उस TS-603 की बिट्स रिमोट लूप बैक सूचना होता है। इसमें “0” इंगित करता है लूप बैक अनुरोध को और “1” अनुरोध के विलोम को (नहीं)।

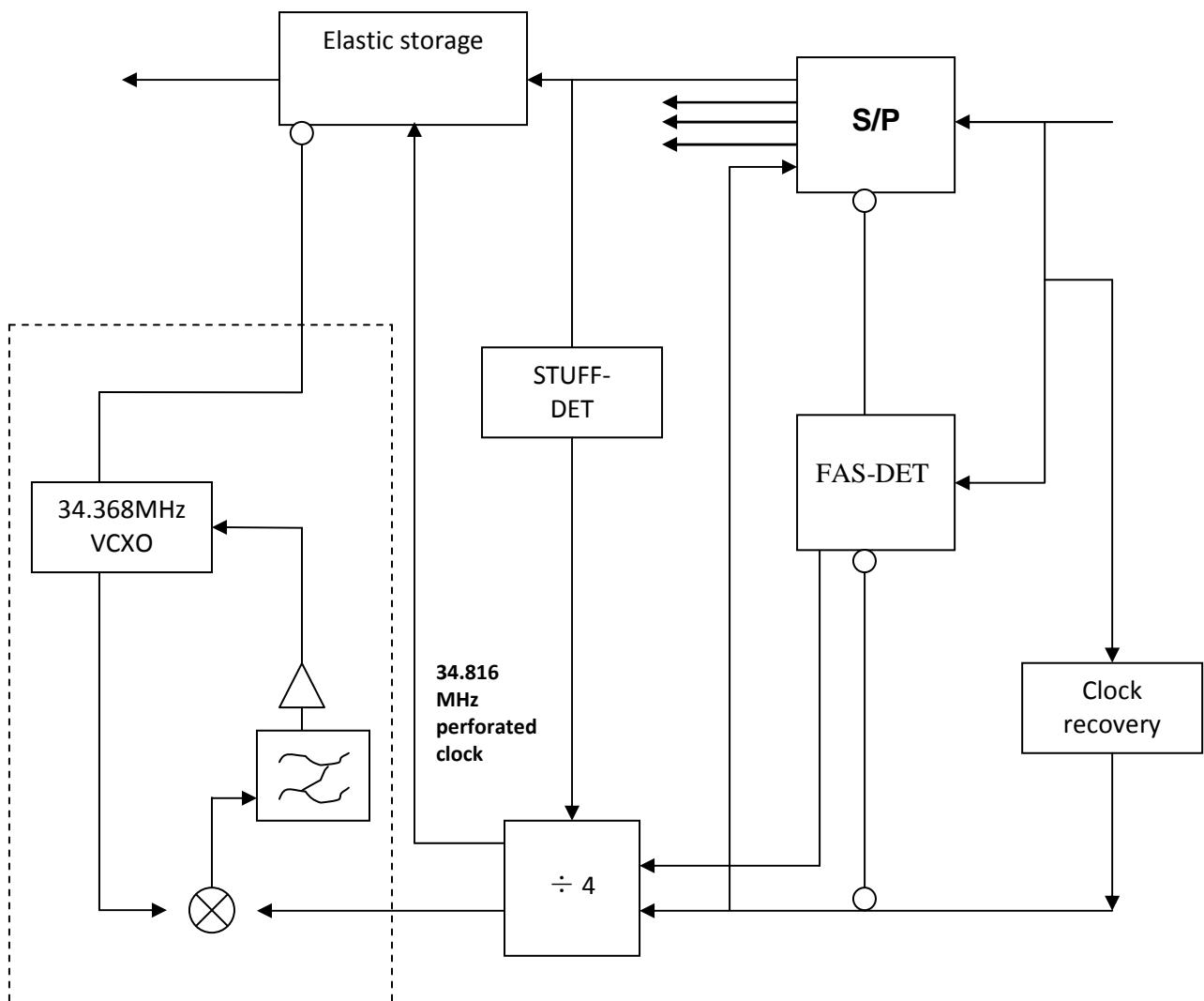
## ट्रैब्यूटरीज का पुनःस्थापन

संदर्भित आरेख 9(c). देखें। डीमल्टीप्लेक्सर 139.264 Mbps सिगनल में सिन्क्रोनाइजेशन वर्ड को लोकेट करके उससे 139.264 Mbps की क्लाक को स्थापित करता है और फिर इनपुट सिगनल को चार समानान्तर 34.816 Mbps करता है। 34.816 Mbps की इस डाटा स्ट्रीम को राइट क्लाक एक इलास्टिक (बफर) में संचित किया जाता है, जो 34.816 MHz की राइट क्लाक (Rxक्लाक/4) की सहायता से लिखकर।

राइट क्लाक 34.816 MHz की परफोरेटेड क्लाक है। ये परफोरेशन नियत समय पर किया जाता है जो FAS की बिट पोजिशन, JC जस्टीफिकेशन कंट्रोल और जस्टीफिकेशन बिट्स स्लाट्स के स्थिती के सापेक्ष हैं। चूंकि क्लाक को बाधित किया जाने की स्थिती में, डाटा को प्रभावी डंग से 34.358 Mbps की नामिनल रेट की दर को इलास्टिक स्टोर में लिख लिया जाता है इस बात के, उपरान्त कि इलास्टिक स्टोर की इनपुट उच्च दर पर चल रही है।

इसे कृपया नोट किया जाये कि इस भाग में निहित आपरेशन उस भाग का उल्टा है जो मल्टीप्लेक्सर में किया जाता है। मल्टीप्लेक्सर में रीड क्लाक में उचित परफोरेशन करके डाटा को इलास्टिक स्टोर से पढ़ा जाता है।

इलास्टिक स्टोर के लिये रीड क्लाक को 34.368 MHz VCXO (क्रिस्टल आसीलेटर) जो 34.816 MHz की क्लाक फेज़ लाकड होती है से प्राप्त किया जाता है। इस प्रकार डाटा को आगे की प्रक्रिया से इस्तेमाल किया जा सकता है एक E3 (34.368 Mbps) इन्टरफेस पर लेकर।



आरेख 3.9 (c) IV आर्डर मक्स में ट्रिब्यूटरीज़ का पुनरस्थापन

### वस्तुनिष्ठ:-

1. E2 की बिट दर 8448 Kbps में \_\_\_\_\_ चैनल समायोजित है।
2. E3 की बिट दर 34368 Kbps में \_\_\_\_\_ चैनल समायोजित है।
3. E4 की बिट दर 139264 Kbps में \_\_\_\_\_ चैनल समायोजित है।
4. T1 की बिट दर 1544 Kbps में \_\_\_\_\_ चैनल समायोजित है।
5. पी.डी.एच.मल्टीप्लेक्सिंग में द्वितीय आर्डर से ऊपर \_\_\_\_\_ इण्टरलीविंग की व्यवस्था है।
6. पी.डी.एच.मल्टीप्लेक्सिंग के \_\_\_\_\_ आर्डर से ऊपर जस्टीफिकेशन की आवश्यकता है।
7. द्वितीय आर्डर की डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग प्रणाली में समायोजित बिट्स की संख्या \_\_\_\_\_ है।
8. द्वितीय आर्डर की मक्स प्रणाली में फ्रेम पुनरावृत्ति की आवृत्ति \_\_\_\_\_ है।
9. द्वितीय आर्डर मक्स प्रणाली में प्रयुक्त जस्टीफिकेशन कन्ट्रोल बिट्स की संख्या, प्रति ट्रिब्यूटरी \_\_\_\_\_ है।
10. द्वितीय आर्डर की मक्स प्रणाली की फ्रेम को \_\_\_\_\_ सब फ्रेम्स में विभाजित किया गया है।
11. चैथे आर्डर की डिजिटल मल्टीप्लेक्सिंग प्रणाली की बिट दर 139.264 Mbps में आफ्सेट का टालरेन्स मान \_\_\_\_\_ है।
12. E2 की फ्रेम विन्यास के \_\_\_\_\_ टाइम स्लाट में जस्टीफिकेशन बिट्स को समायोजित किया जाता है।
13. पी.डी.एच. की E1 में \_\_\_\_\_ इण्टरलीविंग की व्यवस्था है।

### विषयनिष्ठ

1. भारत में प्रयुक्त PDH अनुक्रम की व्यावस्था कीजिये?
2. PDH मल्टीप्लेक्सिंग प्रणाली की मूल व्यवस्था क्या है, वर्णन कीजिये।
3. लघु टिप्पणी लिखिये -  
(अ) बिट इण्टरलीविंग  
(आ) बाइट इण्टरलीविंग
4. जस्टीफिकेशन क्या है? जस्टीफिकेशन की प्रक्रिया का वर्णन कीजिये ?
5. E2 (8.448 Mbps) की फ्रेम विन्यास का ब्लाक आरेख द्वारा वर्णन कीजिये।
6. E3 (34.368 Mbps) की फ्रेम विन्यास का ब्लाक आरेख द्वारा वर्णन कीजिये।

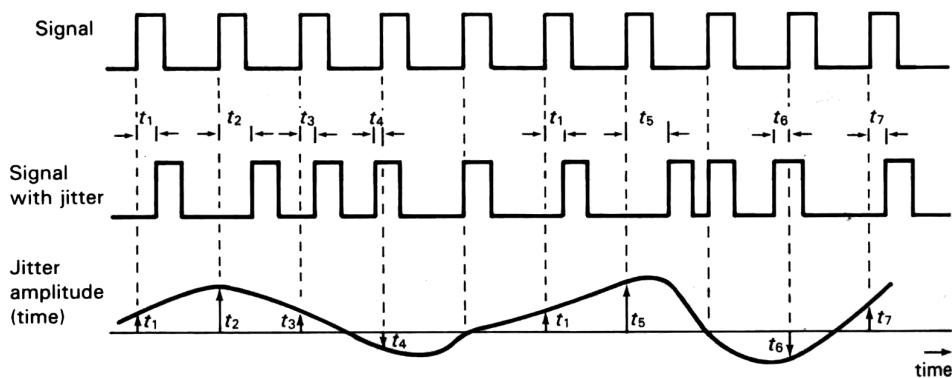
## अध्याय 4

### पी.डी.एच. नेटवर्क्स में जिटर और वान्डर

#### 4.1 जिटर और वान्डर

जिटर और वान्डर को क्रमशः अल्प अवधि और अधिक अवधि की उन परिवर्तन से दर्शाते और परिभाषित करते हैं जो डिजिटल सिग्नल की समय की आदर्श स्थिति और महत्वपूर्ण पल (इन्सटन्ट) के बीच में उत्पन्न होता है। मध्यबिन्द पर या कोई नियत स्वैच्छिक बिन्दू पर महत्वपूर्ण पल (इन्सटन्ट) लिया जा सकता है, जो हर एक पल्स में स्पष्ट रूप से पहचाने जाने योग्य है।

**4.1.1 जिटर संदर्भित आरेख सं 4.1 को देखें। उसमें जिटर का प्रदर्शन चित्रित किया गया है।**



आरेख सं 4.1 जिटर का प्रभाव डिजिटल सिग्नल्स पर एवम् उसका चित्रण।

चित्र में दर्शित जिटर वेवफार्म यह प्रदर्शित करता है कि जिटर एक सतत टाइम फंक्शन है और जिस के गुण डिजिटल सिग्नल के गुणों से मुक्त है, जिसे यह प्रभावित करती है। जिटर सिग्नल को बहुत महत्वपूर्ण तब समझा जाता है जब वह कुछ दर्शक Hz से कई KHZ की सीमा के आवर्ति होती है। जिटर की यूनिट, यूनिट इण्टरवल (UI) होती है। ITU-T के अनुमोदन G.701 की परिभाषा 2018 में UI परिभाषित है जैसे “आइसोक्रोनस सिग्नल के लगातार महत्वपूर्ण इन्सटन्ट्स के समय के बीच में होने वाले नामिनल अन्तर से जाना जाता है”।

इसका मतलब है कि, यदि 100 KHz के स्कवायर वेव के सिग्नल में तात्क्षणिक जिटर का एम्पलिट्युड (आयाम) का मान 1 माइक्रो सेकेण्ड है, तो

$$\text{आवृत्ति का पीरियड (काल)} = 1 \text{ सेकेण्ड} / 100 \text{ KHz} = 10 \text{ माइक्रो सेकेण्ड}$$

एक टाइमिंग सिग्नल में मार्क क्या हैं और स्पेस क्या हैं, के बीच का अन्तर स्थापित करने के लिये, महत्वपूर्ण पल (इन्सटन्ट) के बीच यूनिट इण्टरवल (UI) = 5 माइक्रो सेकेण्ड होगा।

$$\text{इस प्रकार जिटर एम्पलिट्युड} = 1 \text{ माइक्रो सेकेण्ड} / 5 \text{ माइक्रो सेकेण्ड} = 0.2 \text{ UI}$$

**4.1.2 जिटर के (सोर्स) स्रोत:** डिजिटल ट्रान्समिशन प्रणाली में, जिटर का उदय विविध स्रोतों से हो सकता है, इनमें से अधिकांश स्रोत निम्न वर्गीकरण में आंके गये हैं -

1. अति निम्न आवृत्ति जिटर
  - (अ) प्रोपागेशन डिले में बदलाव के कारण
  - (ब) टेम्परेचर डिले के धीरे बदलाव के कारण
2. निम्न आवृत्ति जिटर: क्लाक सोर्स की अंतरनिहित (इनहरेन्ट) अस्थिरता
3. नाइस इन्डियुजड (प्रेरित) जिटर:-
  - अ) क्लाक्स में प्रयुक्त क्रिस्टल कन्ट्रोल्ड आस्सीटेलर परिपथ का फेस नाइस जो पूरी प्रणाली में लगी हुई है।
  - ब) लाजिक परिपथ का नाइस
4. मल्टीप्लेक्स प्रेरित जिटर:- जस्टीफिकेशन बिट और फ्रेमिंग डिजिट्स सम्मिलित और हटाए जाने पर।
5. रीजेनरेटर (पुनरजनित) बिट स्ट्रिम्स में जिटर: इण्टर सिम्बल इण्टरफ़ीअरेन्स.
6. रीजेनरेटर जिटर:- रीजेनरेटर्स में असंगत टाइमिंग्स की रीकवरी।

#### 4.1.3 जिटर के प्रभाव:-

जिटर के संचयन को रोका जाना चाहिए। उपस्कर को कुछ इस प्रकार डिज़ाइन करनी चाहिए कि पूर्ववर्ती उपस्कर और प्रणाली द्वारा जनित जिटर को सिस्टम् की टालरेन्स सीमा (लिमिट) में समाप्त किया जा सके। अगर यह नहीं किया गया तो, संचित जिटर की वजह से निम्नलिखित नुकसान हो सकते हैं। ITU-T अनुमोदन G.823 के अनुसार।

1. डिजिटल सिगनल्स में डिजिटल त्रुटियों की बढ़ने की संभावना, सिगनल रीजेनरेशन के समय, टाइमिंग सिगनल्स के अपने आपटिमम् पोजिशन समय के सापेक्ष विस्थापित होने पर, प्रणाली में समाविष्ट होकर बढ़ जाती है।
2. अनियन्त्रित स्लिप्स का समावेश डिजिटल सिगनल्स में, डिजिटल स्टोर की क्षमता के डिज़ाइन और अन्य प्रभावों पर कारगर न होने की अवस्था में हो जाता है। परिणामस्वरूप स्टोर स्पीलेज, और इसका उल्टा स्टोर डिपलीशन जैसी असुविधाएं होती हैं। स्पीलेज और डिपलीशन कुछ विशेष प्रकार के टर्मिनल उपस्करों में होते हैं, जिन में बफर स्टोर्स और फेस काम्पारेटर्स होते हैं।
3. डिजिटल टू एनलाग रूपान्तरण के अंतिम चरण के कनेक्शन में जहां पुनः सृजित सैम्पल्स का फेज माड्युलेशन किया जाता है, जिसके परिणामस्वरूप डिजिटली इनकोडेड एनलाग इनफार्मेशन का अपकरण (डीग्रेडेशन) घटित होता है। इस अवस्था में सार्थक जिटर प्रभावित करती है पुनः सृजित PAM सिगनल्स की सैम्पल्स के बीच की स्पेसिंग्स की सतता को और इसे शुद्ध (अबसोल्यूट) जिटर के नाम से भी जाना जाता है। इनकोडेड PCM स्पीच इस प्रकार की प्रबावों के समर्थ रूप से सहन करने में समर्थ है, परन्तु डिजिटली इनकोडेड टेलिविजन इस प्रकार के प्रभावों के प्रति बहुत सक्रीय है।

## 4.2 जिटर और वान्डर के नियन्त्रण हेतु ITU-T की अनुशंशा

डिजिटल ट्रान्समिशन प्रणाली में जिटर और वान्डर के मान को स्पेसीफिक सीमा के अन्दर रखने का प्रयास किया जाता है जिससे कि इनकोडेड एनलाग इनफार्मेशन की गुणवत्ता सार्थक रूप से क्षीण हो जाए।

अगर ऐसा न हुआ, डिजीटल से एनलाग परिवर्तन के दौरान सैम्पल्स क्षीण होकर आउट पुट को अनुपयोगी बना देगी।

जिटर को नियान्त्रित करके उसके डिजिटल त्रुटीदर को सीमाबद्ध रखने के लिये इसके एलाइनमेन्ट त्रुटी को प्रत्येक सामर्थिक प्रक्रिया में विनिश्चित सीमा के अन्दर रखा जाता है। ऐसा तभी संभव है जब क्लाक रीकवरी परिपथ को ऐसी प्रारूप में लाया जाए कि इसकी जिटर बैडबिडथ इनफार्मिंग जिटर बैडबिडथ के तुल्य हो। शुद्ध जिटर का मान, जिटर प्रेरित त्रुटी की होने की अवस्था में साधारणतया कोर सार्शक प्रभाव नहीं रखता है।

संसूचित सीमा के भीतर स्लिप्स का नियंत्रण तभी संभव है जब जिटर का सृजन और संचयन, नेटवर्क में उपस्थित सभी उपस्करों के जिटर के प्रभाव पर विचार किया जाए। इसका आशय यह है कि हमें जिटर के समग्र नियंत्रण के लिये जिटर के कामकाज की सीमा की स्पेसिफिकेशन (विनिर्देश) की आवश्यकता है।

यह जैसे विदित है कि जिटर का नियंत्रण जिटर की नियत सीमा के भीतर ही करने की आवश्यकता है, और इसके समग्र नियंत्रण को प्राप्त करने के लिये जिटर के सीमाओं को वर्णन करने की जरूरत है। इन सीमाओं के विनिर्देश को अलग-अलग समायोजित होने वाली इकाइयों जैसे डिजिटल रेडियो लिंक और अलग इकाई इक्वीपमेन्ट्स जैसे मल्टीप्लेक्सिंग उपस्कर, डिजिटल एक्सचेन्ज आदि के लिये बनाया गया है। इस प्रकार नेटवर्क अपनी सम्पूर्णता के लिए विभिन्न नेटवर्क कान्फिग्युरेशन और अनर्तराष्ट्रीय कनेक्टिंग नेटवर्क्स में सीमित है।

जिटर नियंत्रण का फिलासफी, यह सुनिश्चित करने के लिये है कि वस्तुगत एरेर और सिल्प जो किसी भी नेटवर्क इकाई की इनपुट पर जिटर अनुभव हो, चाहे नेटवर्क इकाई कहीं भी हो या सिगनल कहाँ से नेटवर्क में आरम्भ हो रहा है। इसके अतिरिक्त जैसे-जैसे नेटवर्क का विस्तार एवम् इसमें बदलाव होता है इन वस्तुगत विषयों को यथा संभव होना चाहिए।

ITU-T की अनुशंसा G.823 का संबन्ध उस जिटर और वान्डर से है जो डिजिटल नेटवर्क आधारित 2048 Kbps की अनुक्रम में है। इस अनुशंसा में निहित है-

1. नेटवर्क में उच्चतम् आउटपुट जिटर की सीमा, जो किसी भी अनुक्रम के इंटरफेस पर उपलब्ध है।
2. डिजिटल उपस्कर की यथोचित जिटर सीमा

आइये उनका परीक्षण करें -

#### 4.2.1 किसी अनुक्रम इंटरफेस पर नेटवर्क में उच्चतम आउट पुट जिटर की सीमा

इस अवस्था में, मूल फिलासफी इस बात को स्पेसिफाई (वर्णन) करने का है कि नेटवर्क की उच्चतम सीमा जिस को किसी अनुक्रम के इंटरफेस पर इस मान की अधिकता से पार नहीं होना चाहिए एवम् इससे एकक डिजिटल उपस्करों के लिए एक स्थिर कार्यकारी विनिर्देश (स्पेशिफिकेशन) स्थापित किया जा सके। इन दिशानिर्देशों और जानकारियों के अतिरिक्त कोई सीमा का उल्लेख नहीं किया गया है, जिससे कि जिटर संचयन और मेज़रमेन्ट का अध्ययन किया जा सके।

सारणी 4.1 से ITU-T की अनुशंसा G.823 में वर्णित है। उच्चतम स्वीकार्य जिटर के लेवल की सीमा जो डिजिटल नेटवर्क के अनुक्रम के इंटरफेस पर उपलब्ध होनी चाहिए।

इसे संज्ञान में लेने की आवश्यकता है कि -

1. यह स्पेसिफाइड सीमा सिर्फ डाइरेक्शनल इंटरफेस के लिये है।
2. धोरे में वर्णित आवृत्ति केवल कुछ निर्दिष्ट नेशनल इण्टरफेस पर लागू होती है।

इन सीमाओं का सभी आपरेटिंग आवस्था में एवं उपस्करों की संख्या की परवाह किए बिना जो इंटरफेस के पहले है, किया जाना चाहिए।

Parameter Value		Network limit of pk-pk jitter		Measurement filter bandwidth		
Digit rate of 1 UI		B1 UI measured f1-f4	B2 UI measured f3-f4	Band-pass filter having a lower cut-off frequency f1 or f3 and an upper cut off frequency f4		
Kbit/s	ns			f1 Hz.	f3 kHz.	f4 kHz.
64 (Note 1)	15600	0.25	0.05	20	3	20
2048	488	1.5	0.2	20	18 (700 Hz.)	100
8448	118	1.5	0.2	20	3 (80 kHz.)	400
34368	29.1	1.5	0.15	100	10	800
139 264	7.18	1.5	0.075	200	10	3500

#### सारणी 4.1 उच्चतम स्वीकार्य जिटर अनुक्रम के इंटरफेस पर जो 2048 KI बिट्स पर आधारित है (स्वीकार्य इनपुट जिटर)

कार्यकारी नेटवर्क के इंटरफेस पर सिग्नल में जिटर एक उच्चतम अनुमेय नेटवर्क सीमा तक हो सकती है। यह आवश्यक है कि उपस्करों के डिजाइन में इस प्रकार जिटर रिड्यूसरस को समावेशित करना, जहाँ जिटर अन्य स्रोतों से जनित अतिरिक्त जिटर जो उपस्कर में जिटर रिड्यूसर से पहले आ चुकी है, को भी समायोजित किया जा सके।

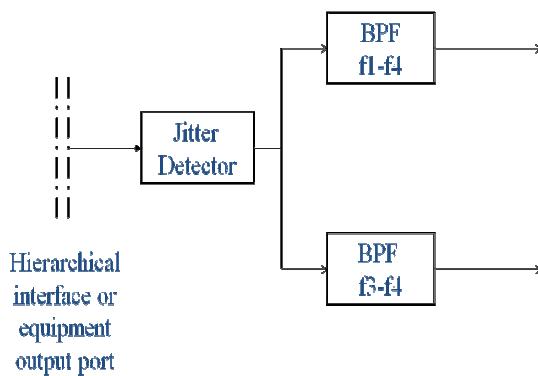
#### 4.2.2 डिजिटल उपस्करों की उपयुक्त जीटर सीमा:

व्यक्तिगत डिजिटल उपस्करों के लिये जिटर परफार्मेंस को विशेष रूप से निम्न तीन प्रकार से बताया जा सकता है

- उच्चतम आउटपुट, जिटर, इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में( इनट्रिन्सीक जिटर)
- डिजिटल इनपुट पोर्ट्स पर जिटर और वान्डर की टालरेन्स (टालरेबल इनपुट जिटर)
- जिटर ट्रान्सफर कारेक्टरइस्टिक्स (लक्षण)

#### उच्चतम आउटपुट जिटर इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में -

यह आवश्यक है कि जो उपस्कर में एकक घटक द्वारा जिटर जनित हो रही है की सीमा को संचित रखी जाए, ITU-T की अनुशंसा द्वारा परिभाषित वह उच्चतम् अनुमेय का स्तर है, जो जनित हो रहा है, और अन्य किसी दूसरे इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में उपलब्ध हो रहा है। इसका जिक्र कुछ विशिष्ट प्रणालियों के साथ होता हो। इनकी सीमा, कदाचित् उच्चतम् अनुमेय नेटवर्क सीमा के पार नहीं जानी चाहिए। मापन की विधि आरेख 4.2 में वर्णित है।

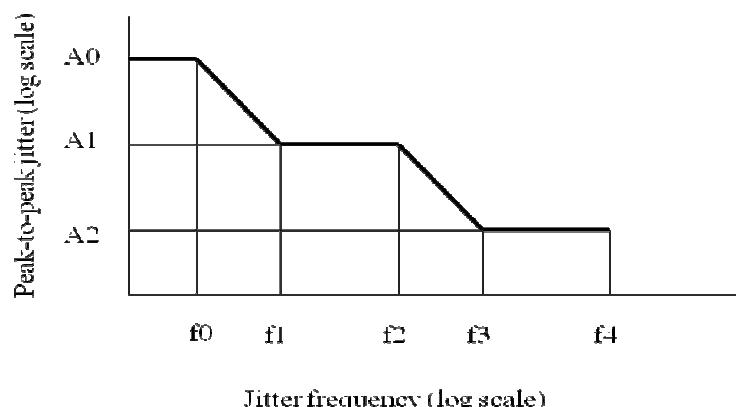


आरेख 4.2 आउटपुट जिटर इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में मान की सीमाओं को सारणी 4.2 में सारणी बद्ध किया गया है

Data Rate (kbps)	1 UI (ns)	NW Limits of pk-to-pk Jitter		Measurement filter bandwidth		
		B1 UI Measured f1-f4	B2 UI Measured f3-f4	BPF having lower cut-off frequency f1 or f3 and upper cut-off frequency f4		
		f1 Hz	f3 kHz	f4 kHz		
64	15600	0.05	0.01	20	3	20
2048	488	0.25	0.06	20	18	100
8448	118	0.25	0.06	20	3	400
34368	29.1	0.25	0.05	100	10	800
139264	7.18	0.25	0.025	200	10	3500

सारणी 4.2 आउटपुट जिटर की सीमा इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में

डिजिटल इनपुट पोर्ट्स की जिटर टालरेन्स (सहिष्णुता): आरेख 4.3 में इनपुट जिटर सहिष्णुता का ग्राफिकल प्रदर्शन किया गया है। सारणी 4.3 में  $f_1, f_2, f_3, f_4$  एवम् AO, A1, A2 का मान दर्शित है। इनकी सीमाओं को इस बात से सुनिश्चित करने के लिये किया जाता है कि, बदतर अवस्था में भी, उपस्करों के इनपुट पोर्ट इस बात के लिये सक्षम हो, जो इस स्तर की जिटर को अपने भीतर समाहित कर सके, जब उसे अनुमोदित अनुक्रम की इंटरफेस पर नेटवर्क से जोड़ा दिया जाए।



आरेख 4.3 इनपुट जिटर सहिष्णुता का ग्राफिकल प्रदर्शन

Data Rate (kbps)	1 UI (ns)	Peak-to-peak jitter (in UI)			Frequency					PRBS for testing
		A0	A1	A2	f0 Hz	f1 Hz	f2 kHz	f3 kHz	f4 kHz	
64	15600	1.15	0.25	0.05	1.2 X 10 <sup>-5</sup>	20	0.6	3	20	2 <sup>11</sup> - 1
2048	488	36.9	1.5	0.2		20	2.4	18	100	2 <sup>15</sup> - 1
8448	118	152	1.5	0.2		20	0.4	3	400	2 <sup>15</sup> - 1
34368	29.1	Under study	1.5	0.15	Under study	100	1.0	10	800	2 <sup>23</sup> - 1
139264	7.18		1.5	0.075		200	500	10	3500	2 <sup>23</sup> - 1

### आरेख 4.3 इनपुट जिटर सहिष्णुता वक्र का अन्तरप्रेषण

#### जिटर ट्रान्सवर कारेक्टरस्टिक्स (लक्षण) -

किसी उपस्कर के इनपुट पोर्ट पर उपस्थित जिटर, कदाचित कई परिस्थितियों में आंशिक रूप से ही आउटपुट पोर्ट तक प्रसारित हो सकती है। उपस्कर से गुजरने के दौरान उच्च जिटर आवृत्ति कमजोर पड़ जाती है, जब कि निम्न जिटर आवृत्तियों के साथ ऐसा नहीं होता। ITU-T द्वारा समुचित जिटर ट्रान्सवर कारेक्टरस्टिक्स के अनुसार इसका मान एक आवरण (मास्क) का रूप लेती है और इंगित करती है उस अनुमेय जिटर गेन (Gain) और आवृत्ति के सम्बन्ध को जो उपस्कर एवं प्रणाली के खास मदों के लिये स्थापित किया गया है। सारणी 4.4 जिटर ट्रान्सफर कारेक्टरस्टिक्स के प्रदर्शित करता है एवं 'P' पासिटिव जस्टीफिकेशन को बतलाती है।

Digital Rate, kbit/s	Jitter gain, dB	Frequency		Roll off after cut off, dB/decade
		Lowest	Cut off f <sub>2</sub>	
8448 (P)	0.5	As low as possible	40 Hz	20
34368 (P)	0.5	As low as possible	100 Hz	20
139 264 (4X34368, P)	0.5	As low as possible	300 Hz	20
139 264 (16 X 8448, P)	0.5	As low as possible	100 Hz	20

### सारणी 4.4 जिटर हस्तान्तरण अभिलक्षण

**4.3 डिजिटल खण्डों में जिटर की सीमा:** डिजिटल खण्डों में जिटर की सीमा देने के लिये यह आवश्यक है कि पहले हाइपोथिटिकल रेफरेन्स डिजिटल खण्ड (HRDS) से परिचित हुआ जायें, जिसमें 50 KM या 280 KM दूरी लिया जाता है। यह वह प्रतिनिधित्व डिजिटल खण्ड है, जिनका सामना हमें वास्तविक कार्यकारी नेटवर्क्स में करना पड़ेगा और यह वह पर्याप्त लम्बी दूरियां हैं जो डिजिटल रेडियो प्रणाली के लिये वास्तविक प्रदर्शन की विनिर्देशों को प्रमाणित करती हैं। इसका माडल समांग है, जिसमें कि अन्य डिजिटल उपस्करों को जैसे MULDEXes को नहीं शामिल किया गया है। आरेख 4.4 HRDS को प्रदर्शित करता है और सारणी 4.5 उससे संबद्ध जिटर स्पेसिफिकेशन देता है। ITU-T के अनुशंसा G.823 में वर्णित जिटर ट्रान्सवर फंक्शन, उच्चतम गैन को 1dB तक सीमित करता है साथ में निम्न आवृत्ति सीमा को 5 Hz तक ही स्वीकार्य मानता है। 2048 Kbps के लाइन खण्ड जो वैकल्पिक नेशनल इंटरफेस के साथ मान्य हैं उनके विकल्पों को कोष्ठित (brackets) मानों (values) से प्रदर्शित किया गया है सारणी 4.5 में एवम् जिटर गैन के मान को 3 db मान्य किया गया है। इनपुट जीटर की अनुपस्थिति में आउटपुट जिटर किसी सार्थक सिग्नल की अवस्था में इस प्रदत्त सीमा से पार नहीं होना चाहिए जो सारणी 4.3 में लक्षित है।



आरेख.4.4 Hypothetical संदर्भित डिजिटल सेक्शन

Bit rate k bit/s	HRDS Length, km	Maximum output pk-pk jitter for digital section up to the length of a HRDS		Measurement filter bandwidth		
		Low frequency limit ( $f_1-f_4$ ) UI	High frequency limit ( $f_3-f_4$ ) UI	Band-pass filter having a lower cut off frequency $f_1$ or $f_3$ and an upper cut off frequency $f_4$		
				$f_1$ KHz	$f_3$ KHz	$F_4$ KHz
2048	50	0.75	0.2	20	18 (700 Hz)	100
8448	50	0.75	0.2	20	3 (80 KHz)	400
34368	50	0.75	0.15	100	10	800
34368	280	0.75	0.15	100	10	800
139 264	280	0.75	0.075	200	10	3500

सारणी 4.5 उच्चतम जिटर का मान, इनपुट जिटर की अनुपस्थिति में एक डिजिटल सेक्शन के लिये जो HRDS सम्मत दूरी है।

(इन्ट्रीनसीक जिटर) सारणी 4.4 के कोष्ठित मान के लिये 3 dB जिटर गैन स्वीकार्य है।

#### 4.4 जिटर मापन विधि:-

ITU-T की अनुशंसा G.823 एवम् 0.151 आवश्यक उपकरण

- आसिलोस्कोप:** पुनरावृत स्रोत के सामायिक (टाइमिंग) सिगनल के पीक से पीक के बीच के फेस जिटर का मान नापने के लिये प्रयोग किया जाता है।
- अंशशोधित (कालिब्रेटेड) फेस डिटेक्टर:** पुनरावृत बिट स्ट्रीम या क्लाक के टाइमिंग सिगनल्स को नापने के लिये प्रयुक्त, जब संदर्भित सिगनल इनपुट बिट स्ट्रीम अथवा उसके अंशगुणक के बराबर है।
- डिजिटल प्रक्रम आसिलोस्कोप:-** इस तकनीक द्वारा हिस्टोग्राम आकलित डिजिटल सिगनल्स का पारगमन समय की क्वानटाइज़ेशन आयाम की प्रायिकता धनत्व फलन का, समय के सापेक्ष प्रदान किया जाता है। यह उपाय अन्य व्यवसायिक जिटर मापन तकनीक से हटकर, अनुक्रम स्तर और मध्यवर्ती डाटा दर की जिटर के मापन की अनुमति प्रदान करती है। इसके अतिरिक्त इस तकनीक द्वारा जिटर के घटने की सम्पूर्ण जानकारी प्राप्त की जा सकती है। इस विधि द्वारा आवर्ती डाटा क्रम के सकल अथवा समिष्टि में हुए सभी पारगमन के जीटर को नापने की व्यवस्था है। इस विधि में अतिरिक्त सुविधा इस बात की है कि जिटर के पृथक पहचान और जाँच की जा सकती है जब असंबद्ध एवम् पैटर्न आश्रित जिटर का योगदान किया जाता है। जिटर सिगनल को डीजिटल प्रोसेसिंग अस्सीलोस्कोप पर प्रदर्शित किया जाता है जिटर रहित रेफरेन्स सिगनल का ट्रिगर इनपुट के रूप में प्रयोग करके।

## ITU-T अनुशंसा (संसूचित जाँच) की टेस्ट सेट अप:-

आरेख 4.5(a) टाइमिंग जिटर नापने के सेट अप को दर्शाता है जो 0.171 अनुमोदन से उद्धृत हैं एवम् आरेख 4.5 (b) दर्शाता है उस टेस्ट सेट अप को जो अनुक्रम इंटरफेस के उपस्कर आउटपुट पोर्ट G.823 पर उपलब्ध आउटपुट जिटर को नापने के लिये प्रयुक्त होता है।

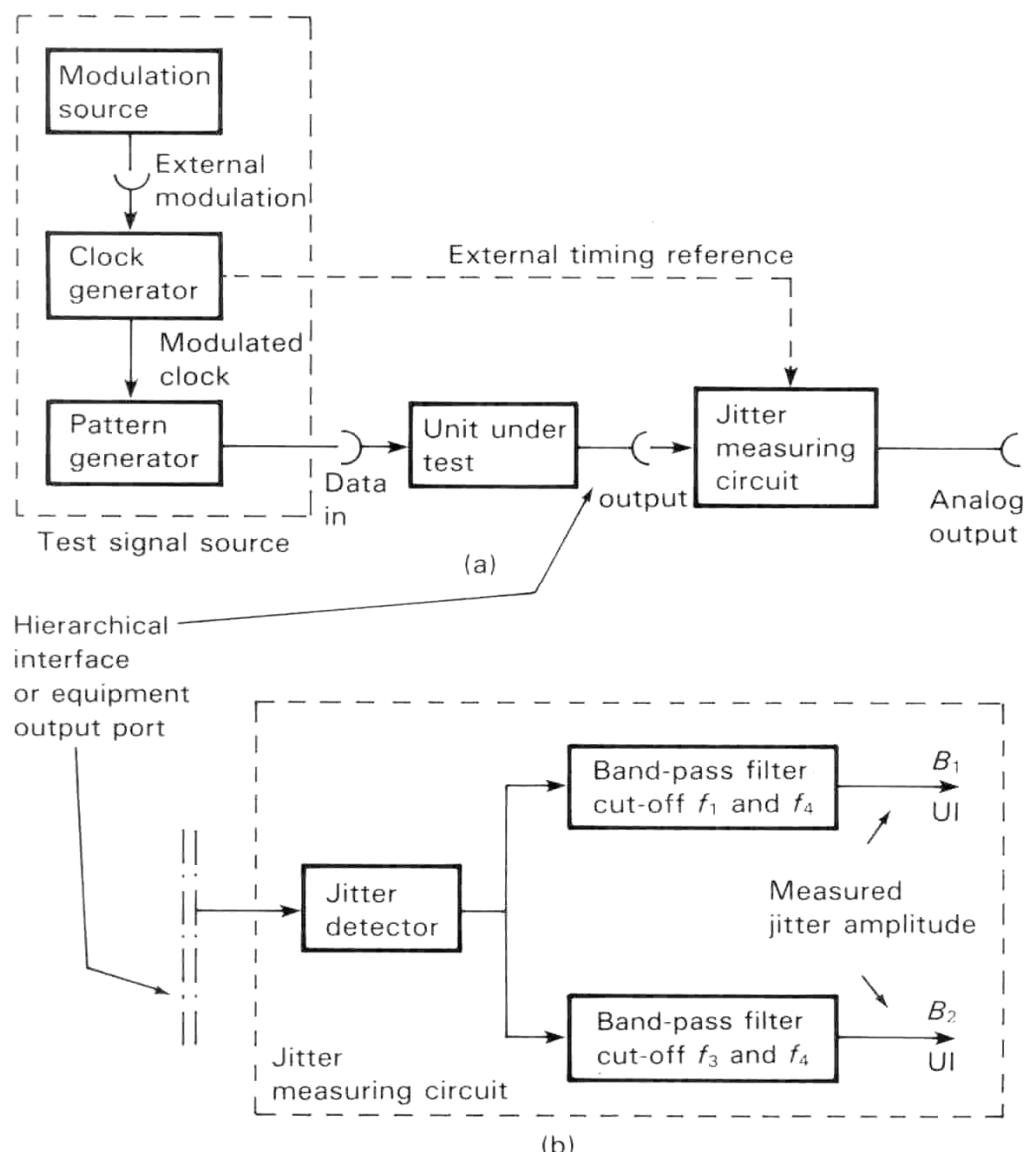
### • टेस्ट सिग्नल का स्रोत:

आरेख 4.5 (b) में दर्शित परिपथ प्रभावी रूप से जिटर मापन के लिये प्रयुक्त सेट अप है, जो आरेख 4.5 (b) में वर्णित है। डिजिटल उपस्कर पर किए जाने वाले यह टेस्ट जिटरित या जिटर रहित डिजिटल सिग्नल में से किसी के साथ दिया जा सकता है। इस सिग्नल को ट्रान्समिट करने के लिये एक पैटर्न जोनरेटर, क्लाक जेनरेटर एवम् माडुलेशन स्रोत की आवश्यकता है, जो आरेख 4.5 (b) में दर्शित है। माडुलेशन सोर्स को क्लाक रिजेनरेटर और अथवा पैटर्न जेनरेटर से उपलब्ध कराते हैं, अन्यथा इसे अलग से भी दिया जा सकता है, जैसे आरेख में दर्शित है। क्लाक जेनरेटर के क्लाक का फेज माडुलेशन, माडुलेशन स्रोत द्वारा हो जाता है एवम् इसके पीक टु पीक सिग्नल का विचलन (डीवियेशन) भी सूचित होकर दिखता है। क्लाक जेनरेटर का आउट पुट जिसमें माडुलेशन क्लाक और टाइमिंग संर्दर्भ के सिग्नल समाहित है, इसे 1 वोल्ट पीक टू पीक से कम नहीं होना चाहिए, 75 Ωम पर। माडुलेटड क्लाक सिग्नल, पैटर्न जेनरेटर को चलाने में प्रयोग आता है और फ्रेम असाइनमेन्ट सिग्नल, जस्टीफिकेशन कन्ट्रोल बिट प्रदान करने में सक्षम हैं, जब पैटर्न टेस्ट सिग्नल को डिजिटल डीमल्टीप्लेक्सर में प्रवेश करना होता है।

64 Kbps के दर पर प्रयोग के लिये पैटर्न जेनरेटर को सूडोरैन्डम पैटर्न ( $2^{11}-1$ ) की बिट लेन्थ को उपलब्ध कराना पड़ता है। ITU-T की अनुशंसा 0.152 के अनुसार, 1,2 और 3 दोनों स्तर की उभय अनुक्रम के लिये जैसे कि आरेख 4.1 में प्रदर्शित है, केवल 34368 Kbps के लिये सूडो रैन्डम पैटर्न ( $2^{15} - 1$ ) बिट लेन्थ का अनुमोदित है। 34368 Kbps और 139.254 Kbps के लिये सूडो रैन्डम पैटर्न ( $2^{23} - 1$ ) बिट लेन्थ का अनुमोदित है। ये दोनों प्रकार के सूडो रैन्डम पैटर्न्स का अनुशंसा 0.151 के अनुसार होता है। इनके अतिरिक्त एक 10001000 का लगातार पैटर्न, दो मुक्त प्रोग्रामेब्ल 8 बिट पैटर्न जिनको **10Hz से 100Hz** के बीच में, नीचे के स्तर पर प्रत्यावर्तित(Alternate) करके उपलब्ध किया जा सके। अन्यथा एक और मुक्त प्रोग्राम योग्य 16 बिट का पैटर्न भी प्राथमिक जेनरेटर से प्राप्त किया जा सकता है।

इसे साधारणतया मान लिया जाता है कि ट्रान्स्मिशन प्रणाली के जीवंत (live) ट्रैफिक में उपलब्ध डिजिट सीक्वेन्स आवश्यक रूप से रैन्डम प्रकृति का होता है और इसी वजह से, टेस्ट पैटर्न्स को भी साधारणतया सूडोरैन्डम बाइनरी सीक्वेन्स में उपयुक्त रूप से इनकोड किया जाता है। इसे उपयुक्त लम्बाई बनाने से उचित पावर वितरण की गुन्जाइस, प्रणाली के टाइमिंग रीकवरी फिल्टर के बैण्ड विड्युत के अंतरगत बनी रहती है। टेस्ट पैटर्न जिटर और जीवंत ट्रैफिक जिटर के बीच के संबंध के विषय में, प्राथमिक अध्ययन से यह उजागर होता है कि जिटर जो सूडोरैन्डम टेस्ट सीक्वेन्स से उद्दित होता है, वह इस बात पर केवल निर्भर नहीं है कि सीक्वेन्स की लम्बाई कितनी है अपितु इस बात पर भी कि स्वीकार्य जोनरेटर कानफिगरेशन का कौन सा सेट दिये गये सिक्वेन्स लम्बाई से चयनित किया गया है।

अतएव यह संभव है कि दिये गये सीक्वेन्स लम्बाई में से, कुछ जेनरेटर विन्यास अन्य से बेहतर होंगे, जीवित ट्रैफिक (स्वांग) सिम्युलेशन के लिये। टेस्ट पैटर्न सीक्वेन्स जो बहुत प्रयोग में आते हैं, वे सूडो रैन्डम बाइनरी में अधिकतम लम्बाई ( $2^{15} - 1$ ) बिट्स के होते हैं, जिन की इनकोडिंग अयुक्त इंटरफेस कोड से की जाती है। प्रत्येक ( $2^{11}-1$ ) के सीक्वेन्स में  $(0.5)\times(2^{11})-1$  जीरो और  $(0.5)\times(2^{11})$  एक होते हैं। प्रत्येक सम्पूर्ण क्रम में, शून्य और एक की  $n$  बिट काम्बीनेशन हैं एवम्  $n$  शून्य और  $(n-1)$  एक की काम्बीनेशन को छोड़कर प्रायोगिक है। उद्देश्य के लिये  $n$  के संयत मान द्वारा सृजित क्रम रान्डम बाइनरी सीक्वेन्स के अनुरूप होगा। सीक्वेन्स आवर्ति 2 Mb और 8 Mbps के टेस्टिंग के लिये अक्सर प्रयुक्त होने वाली  $2^{15}$  की सीक्वेन्स में लम्बी दूरी तक चलने वाली जीरो और एकक बन्धिंग होने की प्रवणता रहती है। इसे बन्धिंग को HDB-3 कोडिंग की सहायता से रीजनरेटिव रिपीटर्स पर पकड़ा जा सकता है। जीवंत प्रणालियों में, ट्रैफिक जिटर का मान साधारणतया दिन - दिन बदलता रहता है, और यह ट्रैफिक बहन की परिवर्तन पर निर्भर होता है।



आरेख 4.5 ITU-T जिटर मापन की व्यवस्था

#### 4.5 पीडीएच. नेटवर्क्स में जिटर संचयन(Accumulation)

पीडीएच. नेटवर्क्स में रीजेक्ट्रिव रिपीटर्स का स्थापन नियत अन्तराल पर किया जाता है। इन रिपीटर्स पर आउट पुट सिग्नल को, इनकमिंग सिग्नल से निकाले गये टाइमिंग सिग्नल के नियंत्रण में रखकर पुनःटाइम (रीटाइम) किया जाता है। हम यहाँ ऐसे नेटवर्क्स में निम्न प्रकार के संचयन के बारे में अध्ययन करेंगे।

- पैटर्न आश्रित जिटर
- रैन्डम पैटर्न जिटर
- प्रत्यावर्ती पुनरावृत्त पैटर्न जिटर

#### पैटर्न आश्रित जिटर का संचयन

रिजेनरेटर्स में निहित जिटर का सर्वाधिक सार्थक घटक विश्राम काल (वेटिंग टाइम) जिटर है, जो पैटर्न आश्रित है, अगर जिटर मूलतः आकस्मिक (रैण्डम) है तो, कुल जिटर का rms, JN जो लिंक में N रिजेनरेटिव रिपीटर्स की उपस्थिती में उपलब्ध है - तो ...

$$JN = J \times 4 \dots N \dots N \text{ के बड़े मानों के लिये}$$

यहाँ J = एक रीजेनरेटर नियंत्रित स्रोत का rms जिटर

चूंकि पैटर्न आश्रित जिटर आकस्मिक (रैण्डम) नहीं है, हम उक्ति को परिमार्जित करके कहा जा सकता है कि -

$$JN \cong J_1 \times \sqrt{2} N \dots N \dots N \text{ के बड़े मानों के लिये}$$

कार्यकारी अनुभव के आधार पर

$$0.4 VI \leq J_1 \leq 1.5 UI$$

टाइमिंग रीकनरी परिपथ इस उक्ति को अगेफिर PLL द्वारा परिमार्जित करती है -

$$JN \cong J_1 \times \sqrt{2} NA$$

यहाँ A रिपीटरों की संख्या और PLL की डैम्पिंग पर आश्रित एक गुणक है

उपरोक्त उक्ति से निम्न निष्कर्ष निभाये जा सकते हैं ...

- रीजेनरेटर्स की संख्या बढ़ाने पर, पैटर्न आश्रित जिटर का संचयन ज्यादा तीव्र होता है बगैर-पैटर्न आश्रित जिटर के -
- रीजेनरेटरों की चेन (कड़ी) द्वारा उत्पन्न जिटर का आयाम सीमा अतीत बढ़ जाता है जब रीजेनरेटरों की संख्या में वृद्धि की जाती है।

## आकस्मिक (रैण्डम) जिटर का संचयन

आकस्मिक सिग्नलों द्वारा उत्पन्न जिटर स्वयं में आकस्मिक (रैण्डम) है। इसके आयम को गासियन (Gaussian) प्राबिबिलिटी डिस्ट्रिब्युन फंक्शन पर परिभाषित किया जाता है, इसलिये एक दिये गये मानक विचलन (rms आयाम के) की गणना, पीक टू पीक आयाम के चयनित मान के बढ़ती हुई प्राथिकता से की जा सकती है। साधारणतया, पीक टू पीक जिटर का मान 1.5 UI से अधिक बढ़ने की प्राथिकता बहुत कम रहती है।

### प्रत्यावर्ती पुनरावृत्त पैटर्न की जीटर का संचयन:-

जब ट्रान्समिटेड सिग्नल की रचना में दो पुनरावृत्त पैटर्न निम्न आवृत्ति पर प्रत्यावर्तित होती है, तब निम्न आवृत्ति की तरंगों पर पुनरावृत्त जिटर दिखता है और इसका आयाम उपस्थित रीजेनरेटरों की संख्या के अनुपाती होता है।

### उत्पन्न उच्चतम पीक टू पीक जिटर का मान

$$JNP = N \times PSJ \text{ है}$$

यहां PSJ पैटर्न सेन्सिटिव जिटर है, जो एक रीजेनरेटर में प्रत्यावर्ती पुनरावृत्त पैटर्न के समाविष्ट होने पर उत्पन्न होता है।

ऐसी परीस्थिति अन्य साधारण अवस्थाओं में संभव नहीं है, परन्तु किसी भी आशंका की संभावना को दूर करने के लिये स्क्रैम्बलर्स का प्रयोग किया जाता है।

### सम्पूर्ण नेटवर्क के मूलडेक्स (Muldex) जोड़ों पर जिटर का संचयन

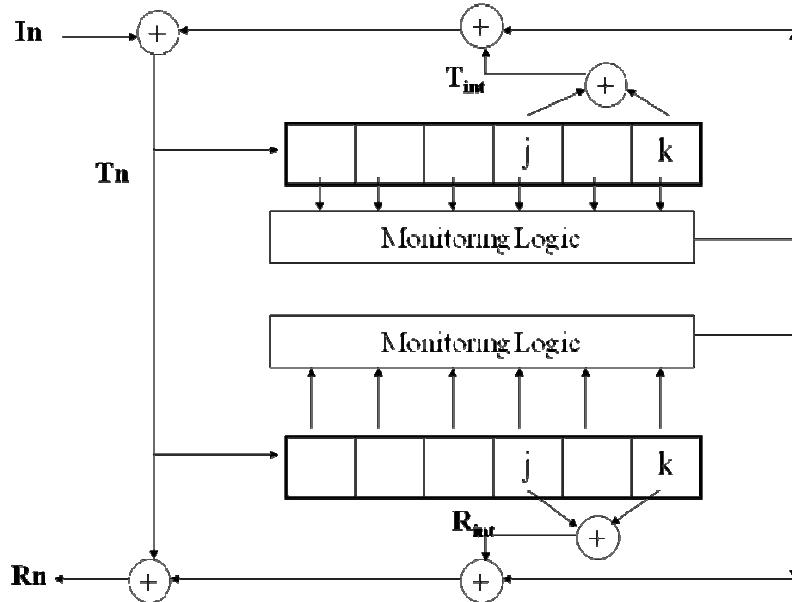
उपसंहार यह है कि मूलडेक्स उपस्करों से जो सार्थक जिटर योगदान प्राप्त होता है, वहां विश्राम काल जिटर के रूप में है। संचयन का मान  $\sqrt{4N}$  से  $\sqrt{2N}$  गुने के बीच होता है, जो जिटर के एकक अंश (hops) के लिये है एवम् N की संख्या अंशों (hops) की है (उदाहरणार्थ - मलडेक्स जोड़ों की संख्या)

## 4.7 जिटर को कम करने के उपाय

जिटर का मान कम करने के मूलतः दो उपाय हैं। प्रथम यह कि जिटर के सूजन की रोकथाम और द्वितीय इसके सिस्टेमाटिक संचयन को स्क्रैम्बलर्स द्वारा रोका जायें। ऐसे में साधारण तौर पर सिग्नल राण्डम बनाते हैं और फलतः पैटर्न आश्रित जिटर मैकानिजम् का प्रभाव कम हो जाता है। द्वितीय विधि मैं - उपस्थित जिटर के आयाम को कम करने के लिये एक ऐसे री-टाइमिंग परिपथ का प्रयोग करते हैं, जिसकी बैण्ड विड्थ, सिग्नल के बैण्ड विड्थ से कम हो, ऐसे उपाय को जिटर रिड्यूसर के नाम से जाना जाता है। उपरोक्त वर्णन के अनुसार वह जिटर आवृत्तियाँ, जो जिटर कट आफ आवृत्ति से ऐसे ही नीचे (कम) हैं, उनका मान कम नहीं होता है और कुछ परिपथों में अनियन्त्रित स्लिप का कारण भी बनती है। इन जिटर आवृत्तियों के संचयन से उत्पन्न जिटर आयाम इतना बढ़ जाता है, जिससे कि यह उन डिजिटल उपस्करों को प्रभावित कर देती है जो जिटर के प्रति पारदर्शी नहीं होते। पर्याप्त क्षमता के बफर स्टोर का चयन, डिजिटल उपस्करों के इनपुट पर, जैसा कि प्रयोगिक परिस्थितियों में इस्टेमाल किया जाता है - ऐसी असुविधा को और बढ़ा देते हैं।

### स्कैम्बलर्स:-

स्कैम्बलर्स और डीस्कैम्बलर्स का योजन आरेख 4.6 में दर्शित है।



आरेख 4.6 स्कैम्बलर और डीस्कैम्बलर

आपाती बिट स्ट्रीम पर बिट प्रति बिट एक्सक्लूसिव ऑपरेशन के फल को विलम्बित संस्करण (रूप) में पैटर्न्स अगर कुछ है तो उसका लोप हो जाता है। इसी क्रम का प्रतिरूप आपरेशन रिसिविंग छोर पर - मूल ट्रान्समिटेड सिग्नल के क्रम को पुनःअर्जित कर लेता है। पाठक से यह निवेदन है कि एक टेस्ट क्रम जिस में पुनरावृत्त पैटर्न निहित है का जांच करें कि वह पैटर्न क्रम से निष्कासित होकर रिसिवर को जाता है कि नहीं इससे यह भी प्रमाणित किया जा सकता है कि अनततः प्राप्त क्रम इनपुट पर उपलब्ध क्रम के समरूप है।

**स्कैम्बलर-** डीस्कैम्बलर को डिजिटल ट्रान्समिशन प्रणाली के विभिन्न अंग बनाने से उसके फायदे निम्न वर्णित हैं।

- यह सूनिश्चित करता है कि जिटर का संचयन (मान), सिग्नल से संबंधित नहीं है।
- निम्न आवृति के जिटर का संचयन के प्रभाव को कम करता है
- सिमेट्रिक (समरूप) जोड़े वाली केबल्स की क्रास टॉक लेवल जो सिन्क्रोनस प्रणाली से उत्पन्न होती है के मान को यह कमजोर करती है, ऐसा पीरीआडिक बिट क्रम के डिस्क्रीट अवयवों का दमन (स्प्लिस) करने से संभव होता है।

इन्हे प्रयोग करने का एक नुकसान यह है कि यह बुटी (एक्स्टेन्शन) विस्तारण को प्रभावी बना देती है। आशय यह है कि, कोई ट्रांसमिशन बुटी, जो स्कैम्बल्ड अवस्था में नहीं है, प्रणाली में मात्र एक बुटी उत्पन्न करेगी और फिर यह बुटीयों और बढ़ावा देगी, जब प्रणाली स्केम्नल्ड अवस्था में काम करेगी। ऐसा स्कैम्बलर को अपनी कार्यशाली और फीड बैक पाथ की उपयोगिता उपलब्ध कराने की वजह से होता है। कोई बुटी जो क्रम में पीछे से आकर फीड बैक पथ द्वारा पुनः स्कैम्बलिंग परिपथ के इनपुट पर आसन्न होती है तो इस प्रकार बुटी की बढ़ोत्तरी हो जाती है।

### जिटर रिड्यूसर:

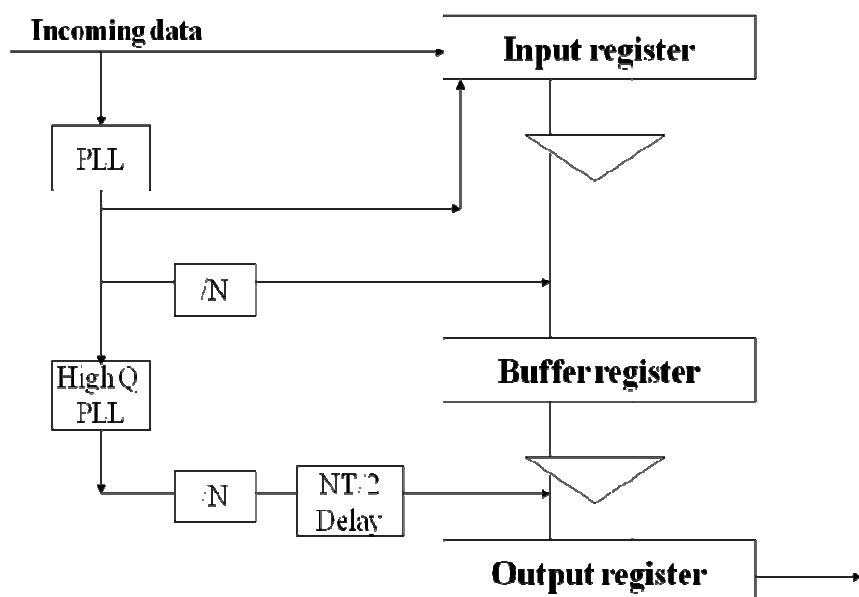
जिटर रिड्यूसर आरेख सं 4.7 में दर्शित है। आपाती क्रम से क्लाक को पुनरस्थापित करते उसे साधारण फेज लाक लूप से निकालकर फिर उच्च Q की फेज लाक लूप पर डाला जाता है। शुरुआती पुनरस्थापित क्लाक की जिटर अगले प्रारूप के जिटर को इस प्रकार निरस्त कर देती है।

N - हाप के PDH लिंक से, जिटर रिड्यूसर के प्रयोग से जिटर की कहीं निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त की जा सकती है

$$J_N = 2 N J (f_c \cdot BW/2)^{1/2}$$

$F_C$  = डी जिटर परिपथ की कटआफ आवृत्ति है

BW = रीजेनरेटर उपस्कर की बैण्ड विड्य है



आरेख 4.7 जिटर - रिड्यूसर

### वस्तूनिष्ठः-

- जिटर को डिजिटल सिगनल्स के सार्थक समय मान को \_\_\_\_\_ परिवर्तन, जो उसके मूल परिस्थिति के समय के सापेक्ष घटित होता है, से परिभाषित किया जाता है।
- वान्डर को डिजिटल सिगनल्स के साथ कि समय मान का \_\_\_\_\_ परिवर्तन, जो उसके मूल परिस्थिति के समय के सापेक्ष घटित होता है, से परिभाषिक किया जाता है।
- जिटर के माप की इकाई \_\_\_\_\_ है।
- मल्टीप्लेक्स प्रेरित जिटर के गठित होने का कारण \_\_\_\_\_ का समायोजन है।
- इंटर सिम्बल व्यतिकरण (Interference) के उत्पन्न होने का कारण \_\_\_\_\_ हो सकता है।
- रीजेनरेटर पर अपूर्ण समायिक वसूली की वजह से \_\_\_\_\_ जिटर की उत्पत्ति होती है।
- जिटर की मात्रा की कमी \_\_\_\_\_ के प्रयोग से की जा सकती है।

### विषयनिष्ठः-

- टान्समीशन प्रणाली में उत्पन्न जिटर और वेन्डर की परिभाषा कीजिये।
- डाटा कम्यूनिकेशन के संदर्भ में जिटर की सार्थकता का वर्णन कीजिये।
- जिटर और वान्डर के रोकशाम सम्बन्धी ITU-T के अनुमोदन क्या है?
- लघु टिप्पणी कीजिये -
  - जिटर स्थानान्तरण (लक्षण) कैरक्टरस्टिक्स
  - जिटर सहिष्णुता
  - स्क्रैम्बलर्स