

Subject Name (Gujarati)

4331104 -- Summer 2025

Semester 1 Study Material

Detailed Solutions and Explanations

પ્રશ્ન 1(અ) [3 ગુણ]

એનાલોગ સિગ્નલ અને ડિજિટલ સિગ્નલની સરખામણી કરો.

જવાબ

પેરામીટર	એનાલોગ સિગ્નલ	ડિજિટલ સિગ્નલ
પ્રકૃતિ	સતત તરંગરૂપ	અલગ અલગ વેલ્વુ (0 અને 1)
એમ્બિલટ્યુડ	અનંત વિવિધતાઓ	નિશ્ચિત અલગ સ્તરો
નોઇજ ઇફેક્ટ	વધુ સંવેદનશીલ	ઓછી સંવેદનશીલ
બેન્ડવિડથ	ઓછી બેન્ડવિડથ જરૂરી	વધુ બેન્ડવિડથ જરૂરી
સિક્યુરિટી	ઓછી સુરક્ષિત	વધુ સુરક્ષિત

- સિગ્નલ પ્રકાર: એનાલોગ સિગ્નલ સતત હોય છે, ડિજિટલ સિગ્નલ અલગ અલગ હોય છે
- નોઇજ રેજિસ્ટર્સ: ડિજિટલ સિગ્નલમાં નોઇજ સામે વધુ પ્રતિકાર હોય છે

મેમરી ટ્રીક

“ABCD - Analog Bad for noise, Continuous; Digital Discrete, Clean signals”

પ્રશ્ન 1(બ) [4 ગુણ]

PAM, PWM અને PPM ની સરખામણી કરો.

જવાબ

પેરામીટર	PAM	PWM	PPM
પૂરું નામ	Pulse Amplitude Modulation	Pulse Width Modulation	Pulse Position Modulation
મોડ્યુલેટેડ પેરામીટર	એમ્બિલટ્યુડ	પહોળાઈ/અવધિ	સ્થાન/સમય
નોઇજ ઇમ્પ્યુનિટી	ખરાબ	સારી	ઉત્તમ
બેન્ડવિડથ	લઘુત્તમ	મધ્યમ	મહત્તમ
પાવર કન્યક્મશન	વધુ	મધ્યમ	ઓછી

ડાયાગ્રામ:

PAM: | | | | | | Amplitude varies
PWM: | | | | | | Width varies
PPM: | | | | | | Position varies

- મોડ્યુલેશન પેરામીટર: દેશેક પ્રકાર પદ્ધતિની અલગ લાક્ષણિકતાઓ મોડ્યુલેટ કરે છે
- એપ્લિકેશન: PWM મોટર કંટ્રોલમાં, PPM રેડિયો કંટ્રોલ સિસ્ટમમાં વપરાય છે

મેમરી ટ્રીક

“PAM-Amplitude, PWM-Width, PPM-Position - AWP”

પ્રશ્ન 1(ક) [7 ગુણ]

મોડ્યુલેશનની જરૂરિયાત વિગતવાર સમજાવો. જો કેરિયર સિગ્નલની આવૃત્તિ 1 MHz હોય તો એન્ટેનાની ઊંચાઈની ગણતરી કરો.

જવાબ

મોડ્યુલેશનની જરૂરિયાત:

કારણ	સમજૂતી
એન્ટેના સાઇઝ રિડક્ષન	વ્યવહારિક એન્ટેના માપ શક્ય બનાવે છે
ફીકવન્સી ટ્રાન્સલેશન	સિગ્નલને યોગ્ય આવૃત્તિ રેન્જમાં ખસેડે છે
માલ્ટિપ્લેક્સિંગ	એક જ માધ્યમ પર અનેક સિગ્નલ મંજૂરી આપે છે
નોઇજ રિડક્ષન	સિગ્નલ-ટુ-નોઇજ રેશિયો સુધારે છે
પાવર એફિશિયન્સી	વધુ સારી પાવર વિનિયોગ

એન્ટેના ઊંચાઈની ગણતરી: કાર્યક્ષમ રેડિયેશન માટે, એન્ટેના ઊંચાઈ = $\lambda/4$

$$\lambda = c/f = (3 \times 10^8)/(1 \times 10^6) = 300$$

$$\text{એન્ટેના ઊંચાઈ} = \lambda/4 = 300/4 = 75 \text{ મીટ્રી}$$

- પ્રેક્ટિકલ એન્ટેના: મોડ્યુલેશન વગર, એન્ટેના અવ્યવહારિક રીતે મોટો હોત
- ફીકવન્સી શિફ્ટિંગ: વધુ સારી પ્રોપેગેશન લાક્ષણિકતાઓ માટે મંજૂરી આપે છે

મેમરી ટ્રીક

“AFMNP - Antenna, Frequency, Multiplexing, Noise, Power”

પ્રશ્ન 1(ક) OR [7 ગુણ]

EM વેવ સ્પેક્ટ્રમના ફીકવન્સી બેન્ડ તેના એપ્લિકેશન ડોમેન સાથે લખો. ELF બેન્ડની તરંગલંબાઈની ગણતરી કરો.

જવાબ

બેન્ડ	આવૃત્તિ રેન્જ	તરંગલંબાઈ	એપ્લિકેશન
ELF	30-300 Hz	$10^6 - 10^7 m$	સબમરીન કમ્યુનિકેશન
VLF	3-30 kHz	$10^4 - 10^5 m$	નેવિગેશન, ટાઇમ સિગલ
LF	30-300 kHz	$10^3 - 10^4 m$	AM બ્રોડકાસ્ટિંગ
MF	300 kHz-3 MHz	100-1000 m	AM રેડિયો
HF	3-30 MHz	10-100 m	શોર્ટ વેવ રેડિયો

ELF તરંગલંબાઈની ગણતરી:

- નીચી આવૃત્તિ: $f_1 = 30 Hz, 1 = c/f_1 = (3 \times 10^8)/30 =$
- ઉચ્ચી આવૃત્તિ: $f_2 = 300 Hz, 2 = c/f_2 = (3 \times 10^8)/300 =$

ELF તરંગલંબાઈ રેન્જ: 10^6 to 10^7

- એપ્લિકેશન ડોમેન: દરેક બેન્ડ ચોક્કસ એપ્લિકેશન માટે યોગ્ય છે
- પ્રોપેગેશન: નીચી આવૃત્તિઓમાં વધુ સારી ગ્રાઉન્ડ વેવ પ્રોપેગેશન હોય છે

મેમરી ટ્રીક

“Every Valuable Learning Makes Happiness - ELF થી HF બેન્ડ”

પ્રશ્ન 2(અ) [3 ગુણ]

AM અને FM ની સરખામણી કરો.

જવાબ

પેરામીટર	AM	FM
મોડ્યુલેટેડ પેરામીટર	એમ્પિલટ્યુડ	આવૃત્તિ
બેન્ડવિડ્થ	2fm	2($\Delta f + fm$)
નોઇજ ઇંગ્યુનિટી	ખરાબ	સારી
પાવર એક્ષિયન્સી	ઓછી (33.33%)	વધુ
સર્કિટ કોમ્પ્લેક્સટી	સરળ	જટિલ

- બેન્ડવિડ્થ: FM ને AM કરતાં ઘણી વધુ બેન્ડવિડ્થ જરૂરી છે
- કવોલિટી: FM વધુ સારી ઓડિયો કવોલિટી પૂરી પાડે છે

મેમરી ટ્રીક

“AM-Amplitude સરળ, FM-Frequency જટિલ પણ વધુ સારી કવોલિટી”

પ્રશ્ન 2(બ) [4 ગુણ]

એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેટેડ વેવનું વેવફોર્મ દોરો.

જવાબ

ડાયાગ્રામ:

Modulating Signal:

Carrier Signal:

FM Wave:

Higher freq Lower freq
when mod +ve when mod {-ve}

લાક્ષણિકતાઓ:

- એન્-વેલોપ: એન્-વેલોપ મોડ્યુલેટિંગ સિગ્નલને અનુસરે છે
- કેરિયર ફીકવન્સી: સમગ્ર સમય દરમિયાન સ્થિર રહે છે
- એમ્પિલટ્યુડ વેરિએશન: એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેટિંગ સિગ્નલ સાથે બદલાય છે

મેમરી ટ્રીક

“Envelope Follows Message - EFM”

પ્રશ્ન 2(ક) [7 ગુણ]

એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેશનની વ્યાખ્યા આપો અને ડબલ સાઇડબેન્ડ કુલ કેરિયર (DSBFC) એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેશન (AM) સિગ્નલ માટે ગાણિતિક અભિવ્યક્તિ મેળવો.

જવાબ

વ્યાખ્યા: એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેશન એ પ્રક્રિયા છે જેમાં કેરિયર સિગ્નલનું એમ્પિલટ્યુડ મોડ્યુલેટિંગ સિગ્નલના તાત્કાલિક એમ્પિલટ્યુડ અનુસાર બદલાય છે.

ગાણિતિક વ્યુત્પત્તિ:

કેરિયર સિગ્નલ: $e_C(t) = E_C \cos(\omega_C t)$ મોડ્યુલેટિંગ સિગ્નલ: $e_m(t) = E_m \cos(\omega_m t)$

AM સિગ્નલ અભિવ્યક્તિ: $eAM(t) = [Ec + Em \cos(\omega mt)] \cos(\omega ct)$ $eAM(t) = Ec \cos(\omega ct) + Em \cos(\omega mt) \cos(\omega ct)$
નિકોણમિતિ સૂત્રનો ઉપયોગ: $\cos A \cos B = \frac{1}{2}[\cos(A+B) + \cos(A-B)]$
અંતિમ AM અભિવ્યક્તિ: $eAM(t) = Ec \cos(\omega ct) + (Em/2) \cos(\omega c + \omega m)t + (Em/2) \cos(\omega c - \omega m)t$

ઘટકો:

- કેરિયર કોમ્પોનન્ટ: $Ec \cos(\omega ct)$
- અપર સાઇડબેન્ડ: $(Em/2) \cos(\omega c + \omega m)t$
- લોઅર સાઇડબેન્ડ: $(Em/2) \cos(\omega c - \omega m)t$

મેમરી ટ્રીક

"Carrier Plus Upper Lower Sidebands - CPULS"

પ્રશ્ન 2(અ) OR [3 ગુણ]

પ્રી-એમ્ફેસિસ અને ડી-એમ્ફેસિસની સરખામણી કરો.

જવાબ

પેરામીટર	પ્રી-એમ્ફેસિસ	ડી-એમ્ફેસિસ
સ્થાન	ટ્રોન્સમિટર પર	રીસીવર પર
કાર્ય	ઉચ્ચ આવૃત્તિઓ વધારે છે	ઉચ્ચ આવૃત્તિઓ ઘટાડ છે
ફીકવન્સી રિસ્પોન્સ	હાઇ પાસ લાક્ષણિકતા	લો પાસ લાક્ષણિકતા
હેતુ	S/N રેશિયો સુધારે છે	મૂળ સિગ્નલ પુનઃસ્થાપિત કરે છે
રાઇમ કોન્સ્ટન્ટ	75 dB (FM બ્રોડકાસ્ટિંગ)	75 dB (FM બ્રોડકાસ્ટિંગ)

- નોઇઝ રિડક્શન: સંયુક્ત અસર મળેલ સિગ્નલમાં નોઇઝ ઘટાડ છે
- ફીકવન્સી રિસ્પોન્સ: પૂરક લાક્ષણિકતાઓ

મેમરી ટ્રીક

"Pre-Boost, De-Cut - Noise Reduction Circuit"

પ્રશ્ન 2(બ) OR [4 ગુણ]

ફીકવન્સી મોડ્યુલેટ વેવનું વેવફોર્મ દોરો.

જવાબ

ડાયાગ્રામ:

Modulating Signal:

Carrier Signal:

FM Wave:

Higher freq Lower freq
when mod +ve when mod {-ve}

લાક્ષણિકતાઓ:

- કોન્સ્ટન્ટ એમ્બિલટ્યુડ: એમ્બિલટ્યુડ સ્થિર રહે છે
- ફીકવન્સી વેરિએશન: આવૃત્તિ મોડ્યુલેટિંગ સિગ્નલ સાથે બદલાય છે
- ફેઝ કોન્ટ્રન્યુઇટી: ફેઝ સતત રહે છે

પ્રશ્ન 2(ક) OR [7 ગુણ]

ફોકવન્સી મોડયુલેશનની વ્યાખ્યા આપો અને FM તરંગ માટે ગાણિતિક અભિવ્યક્તિ મેળવો.

જવાબ

વ્યાખ્યા: ફોકવન્સી મોડયુલેશન એ પ્રક્રિયા છે જેમાં કેરિયર સિથ્રલની આવૃત્તિ મોડયુલેટિંગ સિથ્રલના તાત્કાલિક એમ્પિલાટ્યુડ અનુસાર બદલાય છે.

ગાણિતિક વ્યુત્પત્તિ:

મોડયુલેટિંગ સિથ્રલ: $e_m(t) = E_m \cos(\omega_m t)$ તાત્કાલિક આવૃત્તિ: $f_i = f_c + kf \times E_m \cos(\omega_m t)$

જ્યાં $kf =$ આવૃત્તિ સંવેદનશીલતા

તાત્કાલિક કોણીય આવૃત્તિ: $\theta_i = 2\pi[f_c + kf E_m \cos(\omega_m t)]$ $\theta_i = \theta_c + 2\pi kf E_m \cos(\omega_m t)$

ક્રો ગણતરી: $\theta(t) = dt = \theta_c t + (2\pi kf E_m / \omega_m) \sin(\omega_m t)$

મોડયુલેશન ઈન્ડેક્સ: $m_f = 2\pi kf E_m / \omega_m = \Delta f/f_m$

અંતિમ FM અભિવ્યક્તિ: $e_{FM}(t) = E_c \cos[\theta_c t + m_f \sin(\omega_m t)]$

પેરામીટર:

- મોડયુલેશન ઈન્ડેક્સ: $m_f = \Delta f/f_m$
- ફોકવન્સી ડિવિએશન: $\Delta f = kf E_m$
- બેન્ડવિડ્યુથ: $BW = 2(\Delta f + f_m)$ (કાર્સનનો નિયમ)

પ્રશ્ન 3(અ) [3 ગુણ]

FM ડિમોડ્યુલેશનની સ્લોપ ડિટેક્શન પદ્ધતિનું વર્ણન કરો.

જવાબ

સ્લોપ ડિટેક્શન સિદ્ધાંત:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[FM] --{-{-}{}}--> B[ ]
    B --{-{-}{}}--> C[ ]
    C --{-{-}{}}--> D[ ]
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યપદ્ધતિ:

- ટ્યુન્ડ સર્કિટ: આવૃત્તિ ફેરફારોને એમ્પિલાટ્યુડ ફેરફારોમાં રૂપાંતરિત કરે છે
- સ્લોપ ઓપરેશન: રેઝોનન્સ કર્વના સ્લોપનો ઉપયોગ કરે છે
- એન્ટ્વેલ્પ ડિટેક્શન: એમ્પિલાટ્યુડ ફેરફારો કાઢે છે

લાક્ષણિકતાઓ:

- સિમ્પલ સર્કિટ: અમલમાં મૂકવા સરળ
- લિનિયર રેન્જ: મર્યાદિત લિનિયર રેન્જ
- આઉટપુટ ડિસ્ટોર્શન: અન્ય પદ્ધતિઓ કરતાં વધુ વિકૃતિ

પ્રશ્ન 3(બ) [4 ગુણ]

રોડિયો રીસીવરની વિવિધ લાક્ષણિકતાઓ સમજાવો.

જવાબ

લાક્ષણિકતા	વ્યાખ્યા	મહત્વ
સેન્સિટિવિટી	સંતોષકારક આઉટપુટ માટે લઘુત્તમ ઇનપુટ સિગ્નલ	વધુ સારી નબળી સિગ્નલ રિસેપ્શન
સિલેક્ટિવિટી	ઇચ્છિત સિગ્નલ પસંદ કરવાની અને અન્યને નકારવાની ક્ષમતા	દ્વારાંગીરી ઘટાડે છે
ફિડેલિટી	પુનરાત્પાદનની વફાદારી	વધુ સારી ઓડિયો કવોલિટી
ઇમેજ ફીકવન્સી રિજેક્શન	ઇમેજ આવૃત્તિનો અસ્વીકાર	ખોટા સિગ્નલ અટકાવે છે

ગાણિતિક સંબંધો:

- સેન્સિટિવિટી: સ્ટાન્ડર્ડ આઉટપુટ માટે ΔV માં માપવામાં આવે છે
- સિલેક્ટિવિટી: $Q = f_0/BW$
- ઇમેજ રિજેક્શન રેશિયો: $IRR = 1 + (2\Delta f/FRC)^2$

મેમરી ટ્રીક

પ્રશ્ન 3(ક) [7 ગુણ]

ઓંચ બ્લોક ડાયાગ્રામ સાથે સુપર હેટરોડાઇન રીસીવર પર ટૂંકી નોંધ લખો.

જવાબ

બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ ] --{-{-}{}} B[RF]
    B --{-{-}{}} C[ ]
    D[ ] --{-{-}{}} C
    C --{-{-}{}} E[IF]
    E --{-{-}{}} F[ ]
    F --{-{-}{}} G[AF]
    G --{-{-}{}} H[ ]
    E --{-{-}{}} I[AGC]
    I --{-{-}{}} B
    I --{-{-}{}} E
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યસિદ્ધાંત:

- આરએફ એમ્પિલફાયર: પ્રાપ્ત RF સિગ્નલને એમ્પિલફાઇ કરે છે

- મિક્સર: RF ને નિશ્ચિત IF આવૃત્તિમાં રૂપાંતરિત કરે છે
- લોકલ ઓસિલેટર: મિક્સિંગ આવૃત્તિ પુરી પાડે છે
- આઇઓફ એમિલિફાયર: નિશ્ચિત આવૃત્તિ પર મુખ્ય એમિલિફિકેશન
- ડિટેક્ટર: મોડ્યુલેટેડ સિગનલ પુનઃપ્રાપ્ત કરે છે
- એજુસ્ટી: સ્થિર આઉટપુટ સ્તર જાળવે છે

ફાયદા:

- હાઇ સેન્સિટિવિટી: TRF કરતાં વધુ સારી સંવેદનશીલતા
- ગુડ સિલેક્ટિવિટી: વધુ સારી પસંદગીકારકતા
- સ્ટેબલ ગેઇન: સ્થિર ગેઇન લાક્ષણિકતાઓ

IF આવૃત્તિ પસંદગી: સ્ટાન્ડર્ડ IF: AM માટે 455 kHz, FM માટે 10.7 MHz

મેમરી ટ્રીક

“Mix RF to IF for Better Selectivity - MRIBS”

પ્રશ્ન 3(અ) OR [3 ગુણ]

કેળ લોક લૂપનો ઉપયોગ કરીને FM ડિમોડ્યુલેટરનું કાર્ય સમજાવો.

જવાબ

PLL FM ડિમોડ્યુલેટર:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[FM ] --- B[ ]
    C[VCO] --- B
    B --- D[ ]
    D --- E[ ]
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યસિક્ષાંત:

- કેળ ડિટેક્ટર: ઇનપુટ FM ને VCO આઉટપુટ સાથે સરખાવે છે
- વીસીઓ: વોલ્ટેજ કંટ્રોલ ઓસિલેટર ઇનપુટ આવૃત્તિને ટ્રેક કરે છે
- લૂપ ફિલ્ટર: ઉચ્ચ આવૃત્તિ ઘટકો દૂર કરે છે
- લોક કન્ડિશન: VCO આવૃત્તિ ઇનપુટ આવૃત્તિ સમાન થાય છે

ફાયદા:

- લીનિયર ડિમોડ્યુલેશન: ઉત્તમ રેખીયતા
- લો ડિસ્ટોર્ન્ષન: લઘુ હૃતમ વિકિતી
- ગુડ ટ્રેકિંગ: ઉત્તમ આવૃત્તિ ટ્રેકિંગ

મેમરી ટ્રીક

“Phase Lock Tracks Frequency - PLTF”

પ્રશ્ન 3(બ) OR [4 ગુણ]

મૂળભૂત FM રીસીવરના બ્લોક ડાયાગ્રામની ચર્ચા કરો.

જવાબ

FM રીસીવર બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```

{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[FM] --> B[RF]
    B --> C[ ]
    D[ ] --> C
    C --> E[IF 10.7MHz]
    E --> F[ ]
    F --> G[FM]
    G --> H[ - ]
    H --> I[AF]
    I --> J[ ]
{Highlighting}
{Shaded}

```

બ્લોક કાર્યો:

- આરચેફ એમિલફાયર: નબળા FM સિશલને એમિલફાઇ કરે છે (88-108 MHz)
- મિક્સર: IF આવૃત્તિમાં રૂપાંતરિત કરે છે (10.7 MHz)
- લિમિટર: એમિલટ્યુડ ફેરફારો દૂર કરે છે
- એફામ ડિટેક્ટર: ઓડિયો સિશલ પુનઃપ્રાપ્ત કરે છે
- ડી-એમ્ફેસિસ: મૂળ આવૃત્તિ પ્રતિસાદ પુનઃસ્થાપિત કરે છે

AM રીસીવરથી મુખ્ય તફાવતો:

- હાયર આઇએફ: 455 kHz બદલે 10.7 MHz
- લિમિટર સ્ટેજ: વધારાનો લિમિટર સ્ટેજ
- ડી-એમ્ફેસિસ: પ્રી/ડી-એમ્ફેસિસ નેટવર્ક

મેમરી ટ્રીક

“FM needs Higher IF and Limiting - FHIL”

પ્રશ્ન 3(ક) OR [7 ગુણ]

ઘોય સર્કિટ ડાયાગ્રામ અને વેવફોર્મ સાથે ડાયોડનો ઉપયોગ કરીને એન્વેલોપ ડિટેક્ટર પર ટૂંકી નોંધ લખો.

જવાબ

સર્કિટ ડાયાગ્રામ:

```

D1
AM { -{-} || {-}{-}+{-}{-}{-}{-} Audio Output }
|   |
|   R
|   |
|   C
|   |
GND GND

```

કાર્યસિદ્ધાંત:

AM Input:

Diode Output:
(After filtering)

Audio Output:

ઓપરેશન:

- ડાયોડ કન્ડક્ષન: સકારાત્મક અર્દ્ધ ચક દરમિયાન વહન કરે છે
- કેપેસિટર ચાર્જિંગ: પીક વેલ્યુ સુધી ચાર્જ થાય છે
- આરસી ડિસચાર્જ: RC સર્કિટ દ્વારા ડિસચાર્જ થાય છે
- એન્વેલોપ ફોલોએંગ: આઉટપુટ એન્વેલોપને અનુસરે છે

ડિઝાઇન વિચારણાઓ:

- ટાઇમ કોન્સ્ટન્ટ: $RC \gg 1/fc$ પણ $RC \ll 1/fm$
- ડાયોડ સિલેક્ષન: ફાસ્ટ રિકવરી ડાયોડ પસંદીદા
- લોડ રેજિસ્ટન્સ: ડાયોડ રેજિસ્ટન્સ કરતાં ઘણું મોટું હોલું જોઈએ

ફાયદા:

- સિમ્પલિક્ષિટી: ખૂબ સરળ સર્કિટ
- લો કોસ્ટ: આર્થિક ઉકેલ
- હાઇ એફિશિયન્સી: સારી ડિટેક્ષન કાર્યક્ષમતા

મેમરી ટ્રીક

“Diode Charges, RC Follows Envelope - DCRF”

પ્રશ્ન 4(અ) [3 ગુણ]

અન્ડર સેમ્પલિંગ, ઓવર સેમ્પલિંગ અને ફિલ્ટર સેમ્પલિંગનું વિવરણ આપો.

જવાબ

પ્રકાર	શરત	પરિણામ
અન્ડર સેમ્પલિંગ	$fs < 2fm$	એલાયસિંગ થાય છે
ફિલ્ટર સેમ્પલિંગ	$fs = 2fm$	માત્ર પૂરતું, કોઈ માર્જિન નથી
ઓવર સેમ્પલિંગ	$fs > 2fm$	એલાયસિંગ નથી, સલામત માર્જિન

ડાયાગ્રામ:

Original Signal:

Under Sampling: . . . Aliasing
Critical Sampling: . . . Just OK
Over Sampling: . . . Safe

- એલાયસિંગ ઇફ્ફેક્ટ: અન્ડર સેમ્પલિંગ આવૃત્તિ ઓવરલેપનું કારણ બને છે
- નાયક્રિવસ્ટ રેટ: લઘુત્તમ સેમ્પલિંગ રેટ = $2fm$
- પ્રેક્ટિકલ રેટ: સામાન્ય રીતે મેસેજ આવૃત્તિના 2.5 થી 5 ગણા

મેમરી ટ્રીક

“Under-Alias, Critical-Just, Over-Safe - UCO”

પ્રશ્ન 4(બ) [4 ગુણ]

સેમ્પલિંગ થિયરમ લખો અને નાયક્રિવસ્ટ રેટ, નાયક્રિવસ્ટ ઇન્ટરવલ અને એલાયસિંગ એરરની વ્યાખ્યા આપો.

જવાબ

સેમ્પલિંગ થિયરમ: "જો સેમ્પલિંગ આવૃત્તિ સિગ્નલના સર્વોર્ચ્ય આવૃત્તિ ઘટકના ઓછામાં ઓછા બમણી હોય તો સતત સિગ્નલ તેના સેમ્પલમાંથી સંપૂર્ણ રીતે પુનઃપ્રાપ્ત કરી શકાય છે."

વ્યાખ્યાઓ:

શબ્દ	વ્યાખ્યા	સૂત્ર
નાયક્વિસ્ટ રેટ	લધુતમ સેમ્પલિંગ આવૃત્તિ	$f_s = 2f_m$
નાયક્વિસ્ટ ઇન્ટરવલ	મહત્તમ સેમ્પલિંગ અંતરાલ	$T_s = 1/(2f_m)$
એલાયસિંગ એરર	અન્ડર સેમ્પલિંગને કારણે આવૃત્તિ ઓવરલેપ	$f_a =$

ગાણિતિક અભિવ્યક્તિ:

- સેમ્પલિંગ ફીક્વન્સી: $f_s \geq 2f_m$
- સેમ્પલિંગ પીરિયડ: $T_s = 1/f_s$
- એલાયસિંગ કન્ડિશન: $f_a < 2f_m$

વ્યવહારિક એપ્લિકેશન:

- ડિજિટલ ઓડિયો: $f_m = 20 \text{ kHz}$ માટે $f_s = 44.1 \text{ kHz}$
- ટેલિફોન સિસ્ટમ: $f_m = 4 \text{ kHz}$ માટે $f_s = 8 \text{ kHz}$

મેમરી ટ્રીક

"Sample at twice message frequency - S2M"

પ્રશ્ન 4(ક) [7 ગુણ]

આઇડિયલ, નેચરલ અને ફ્લેટ ટોપ સેમ્પલિંગની ચર્ચા કરો.

જવાબ

સેમ્પલિંગના પ્રકારો:

પ્રકાર	લાક્ષણિકતાઓ	ગાણિતિક અભિવ્યક્તિ
આઇડિયલ સેમ્પલિંગ	ઇમ્પલસ ટ્રેઇન ગુણાકાર	$x_d(t) = x(t) \cdot \Pi T(t)$
નેચરલ સેમ્પલિંગ	વેરિએબલ પહોળાઈ પલ્સ	ટોપ સિગ્નલને અનુસરે છે
ફ્લેટ ટોપ સેમ્પલિંગ	કોન્સ્ટન્ટ એમિલાન્યુડ પલ્સ	સેમ્પલ અને હોલ્ડ

વૈવદ્ધર્મ:

Original:

Ideal: ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ Impulses

Natural: | | | | | Variable width

Flat Top: | | | | | Constant width

આવૃત્તિ સ્પેક્ટ્રમ:

- આઇડિયલ સેમ્પલિંગ: સચોટ સ્પેક્ટ્રલ પ્રતિકૃતિ
- નેચરલ સેમ્પલિંગ: થોડું સ્પેક્ટ્રલ મોડિફિકેશન

- ફ્લેટ ટોપ સેમ્પલિંગ: એપર્ચર ઇફ્ફેક્ટ હાજર

વ્યવહારિક અપ્લિકેશન:

- આઇડિયલ: માત્ર સૈદ્ધાંતિક
- નેચરલ: PAM સિસ્ટમમાં વપરાય છે
- ફ્લેટ ટોપ: સેમ્પલ-અને-હોલ્ડ સર્કિટ, ADC સિસ્ટમ

એપર્ચર ઇફ્ફેક્ટ: ફ્લેટ-ટોપ સેમ્પલિંગમાં: $|Sa(\pi fT/2)| = |\sin(\pi fT/2)/(\pi fT/2)|$

પ્રશ્ન 4(અ) OR [3 ગુણ]

યોગ્ય બ્લોક ડાયાગ્રામ સાથે ડેલ્ટા મોડ્યુલેટરનું કાર્ય સમજાવો.

જવાબ

ડેલ્ટા મોડ્યુલેટર બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ ] --{-{-}{}}--> B[ ]
    B --{-{-}{}}--> C[1{-} ]
    C --{-{-}{}}--> D[ ]
    C --{-{-}{}}--> E[ ]
    E --{-{-}{}}--> F[ ]
    F --{-{-}{}}--> B
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યસિદ્ધાંત:

- કમ્પ્યુટરની સરખામણી પહેલાના ઇન્ટિગ્રેટેડ આઉટપુટ સાથે
- 1-બિટ કવોનાઇઝેશન: આઉટપુટ + અથવા - છે
- ઇન્ટિગ્રેશન: ઇન્ટિગ્રેટર ઇન્પુટ સિગ્નલનો અંદાજ કાઢે છે
- ફીડબેક: પહેલાનો આઉટપુટ સરખામણી માટે પાછો મોકલવામાં આવે છે

આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ:

- બાઇનરી આઉટપુટ: દરેક સેમ્પલ માટે માત્ર 1 બિટ
- સ્ટેપ સાઈઝ: નિશ્ચિત સ્ટેપ સાઈઝ
- ટ્રેકિંગ: આઉટપુટ ઇન્પુટને સ્ટેપમાં ટ્રેક કરે છે

મેમરી ટ્રીક

પ્રશ્ન 4(બ) OR [4 ગુણ]

યોગ્ય સમજૂતી સાથે ડેલ્ટા મોડ્યુલેશન (DM) ના ગેરફાયદા લખો.

જવાબ

મુખ્ય ગેરફાયદા:

ગેરફાયદા	સમજૂતી	ઉકેલ
સ્લોપ ઓવરલોડ	જડપી ફેરફારો ટ્રેક કરી શકતું નથી	સ્ટેપ સાઈઝ વધારો
ગ્રેન્યુલર નોઇઝ	સપાટ વિસ્તારોમાં કવોનાઇઝેશન નોઇઝ	સ્ટેપ સાઈઝ ઘટાડો
હાઇ બિટ રેટ	ઉચ્ચ સેમ્પલિંગ રેટ જરૂરી	ADPCM નો ઉપયોગ કરો
લિમિટેડ ડાયનામિક રેન્જ	નિશ્ચિત સ્ટેપ સાઈઝની મર્યાદા	એડેપ્ટિવ તકનીકો

સ્લોપ ઓવરલોડ કન્ડિશન: જ્યારે $|dx/dt| > \alpha f_s$, સ્લોપ ઓવરલોડ થાય છે
ગ્રેન્યુલર નોઇઝ: જ્યારે ઇનપુટ સિન્ઘલ ધીમે ધીમે બદલાય અથવા સ્થિર રહે ત્યારે થાય છે વેવફોર્મ:

Slope Overload: / Input too fast
/ DM output lags

Granular Noise: ______ Flat input
DM oscillates

પ્રદર્શન પેરામીટર:

- સ્લોપ ઓવરલોડ: મહત્વમાં સ્લોપ = αf_s
- ગ્રેન્યુલર નોઇઝ: સ્ટેપ સાઇઝ પર આધાર રાખે છે
- એસાયેનચાર: બંને અસરોથી મર્યાદિત

મેમરી ટ્રીક

``Slope-Overload, Granular-Noise, High-Bitrate - SOG-H''

પ્રશ્ન 4(ક) OR [7 ગુણ]

પલ્સ કોડ મોડ્યુલેશન (PCM) ટ્રાન્સમિટર અને રીસીવરના દરેક બ્લોકના કાર્યોનું વર્ણન કરો.

જવાબ

PCM ટ્રાન્સમિટર બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ ] --- B[LPF]
    B --- C[ ]
    C --- D[ ]
    D --- E[ ]
    E --- F[ ]
{Highlighting}
{Shaded}
```

PCM રીસીવર બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    G[ ] --- H[ ]
    H --- I[DAC]
    I --- J[LPF]
    J --- K[ ]
{Highlighting}
{Shaded}
```

ટ્રાન્સમિટર બ્લોક કાર્યો:

બ્લોક	કાર્ય
LPF	એન્ટ્રો-એલાયસિંગ ફિલ્ટર, fm કરતાં વધુ આવૃત્તિઓ દૂર કરે છે
સેમ્પલ અને હોલ્ડ	$f_s \geq 2fm$
કવોન્ટાઇઝર	ડિસ્કોટ એમ્પલિટ્યુડ લેવલમાં રૂપાંતરિત કરે છે
એન્કોડર	કવોન્ટાઇઝર સેમ્પલને બાઇનરી કોડમાં રૂપાંતરિત કરે છે

રીસીવર બ્લોક કાર્યો:

બ્લોક	કાર્ય
ડીકોડર	બાઇનરી કોડને કવોન્ટાઇડ લેવલમાં રૂપાંતરિત કરે છે
DAC	ડિજિટલ ટુ એનાલોગ રૂપાંતરણ
LPF	પુનર્નિર્માણ ફિલ્ટર, સોમ્પલિંગ આવૃત્તિ દૂર કરે છે

તકનીકી સ્પેસિફિકેશન:

- કવોન્ટાઇડેશન લેવલ: $L = 2^n (n =)$
- કવોન્ટાઇડેશન એરર: મહત્વમાં $\square/2$
- બિટ રેટ: $fb = n \times fs$

PCM ફાયદા:

- નોઇજ ઈમ્પ્યુનિટી: ઉત્તમ નોઇજ પ્રદર્શન
- રિઝનરેશન: એરર એકટા થયા વગર પુનર્જનન કરી શકાય છે
- માલ્ટિપ્લેક્સિંગ: અનેક ચેનલ માલ્ટિપ્લેક્સ કરવું સરળ

મેમરી ટ્રીક

"Low-pass, Sample, Quantize, Encode - LSQE માટે TX; Decode, Convert, Filter - DCF માટે RX"

પ્રશ્ન 5(અ) [3 ગુણ]

TDM-PCM સિસ્ટમના બ્લોક ડાયાગ્રામની સંક્ષિપ્ત ચર્ચા કરો.

જવાબ

TDM-PCM સિસ્ટમ બ્લોક ડાયાગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ 1] {--{-}{}} D[ ]
    B[ 2] {--{-}{}} D
    C[ 3] {--{-}{}} D
    D {--{-}{}} E[PCM]
    E {--{-}{}} F[ ]
    F {--{-}{}} G[PCM]
    G {--{-}{}} H[ ]
    H {--{-}{}} I[ 1]
    I {--{-}{}} J[ 2]
    J {--{-}{}} K[ 3]
{Highlighting}
{Shaded}
```

સિસ્ટમ ઓપરેશન:

- કમ્પ્યુટર: અનેક ચેનલનું અનુક્રમિક સોમ્પલિંગ
- પીસોએમ એકોડર: સોમ્પલન ડિજિટલ ફોર્મેટમાં રૂપાંતરિત કરે છે
- ટાઇમ ડિવિઝન: દરેક ચેનલને નિશ્ચ્યત ટાઇમ સ્લોટ મળે છે
- ડીકમ્પ્યુટર: રીસીવર પર ચેનલ અલગ કરે છે

ફેમ સ્ટ્રક્ચર:

- ટાઇમ સ્લોટ: દરેક ચેનલને ચોક્કસ સમય આપવામાં આવે છે
- ફેમ પીરિયડ: બધી ચેનલ માટે સંપૂર્ણ ચક
- સિંકોનાઇડેશન: ફેમ સિંકોનાઇડેશન બિટ ઉમેરવામાં આવે છે

ફાયદા:

- બેન્ડવિદ્ધ એફિશિયન્સી: કાર્યક્રમ સ્પેક્ટ્રમ ઉપયોગ
- માલ્ટિપલ ચેનલ: એક લિંક પર અનેક ચેનલ

પ્રશ્ન 5(બ) [4 ગુણ]

એડિટિવ ડેલ્ટા મોડ્યુલેશન (ADM) પર ટૂંકી નોંધ લખો.

જવાબ

ADM બ્લોક ડાયગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ ] --- B[ ]
    B --- C[ ]
    C --- D[ ]
    D --- E[ ]
    E --- F[ ]
    F --- B}
    C --- G[ ]
{Highlighting}
{Shaded}
```

કાર્યસ્થિતિઓ:

- એડિટિવ સ્ટેપ સાઇઝ: ઇનપુટ લાક્ષણિકતાઓના આધારે સ્ટેપ સાઇઝ બદલાય છે
- સ્લોપ ઓવરલોડ પ્રિવેન્શન: જડપી ફેરફારો માટે સ્ટેપ સાઇઝ વધારે છે
- ગ્રેન્યુલર નોઇજ રિડક્શન: ધીમા ફેરફારો માટે સ્ટેપ સાઇઝ ઘટાડી છે
- લોઝિક કંટ્રોલ: એલોરિધમ સ્ટેપ સાઇઝ એડેપ્ટેશન કંટ્રોલ કરે છે

સ્ટેપ સાઇઝ કંટ્રોલ:

- ઇન્કીજ: જ્યારે સતત બિટ સમાન હોય (સ્લોપ ઓવરલોડ શોધાય)
- ડિકીજ: જ્યારે વૈકલ્પિક પેર્ટન થાય (ગ્રેન્યુલર વિસ્તાર)

સ્ટાન્ડર્ડ DM કરતાં ફાયદા:

- બેટર એસઅનાર: સુધારેલ સિગ્નલ-ટુ-નોઇજ રેશિયો
- ડાયનેમિક રેન્જ: વધુ સારી ડાયનેમિક રેન્જ
- ઓટોમેટિક એડેપ્ટેશન: સ્વ-એડજરસ્ટિંગ લાક્ષણિકતાઓ

પ્રશ્ન 5(ક) [7 ગુણ]

લાઇન કોડિંગની વ્યાખ્યા આપો. "1 0 1 1 1 0 1 1" માટે NRZ (યુનિપોલર), RZ (યુનિપોલર), મેન્ચેસ્ટર કોડિંગ તેવફોર્મ દોરો.

જવાબ

વ્યાખ્યા: લાઇન કોડિંગ એ ડિજિટલ ડેટાને કમ્પ્યુનિકેશન ચેનલ પર ટ્રાન્સમિશન માટે ચોગ્ય ડિજિટલ સિગ્નલમાં રૂપાંતરિત કરવાની પ્રક્રિયા છે.
વેવફોર્મ ડાયગ્રામ:

Data: 1 0 1 1 1 0 1 1

NRZ Unipolar:

_ _

_ _

RZ Unipolar:

Manchester:

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _
 Transition at middle of each bit

લાક્ષણિકતાઓ:

કોર્ડિંગ પ્રકાર	લોજિક 1	લોજિક 0	બેન્ડવિડ્થ
NRZ યુનિપોલર	+V	0V	fb
RZ યુનિપોલર	T/2 માટે +V, T/2 માટે 0V	0V	2fb
મેન્ચેસ્ટર	હાઇ-ટુ-લો ટ્રાન્ઝિશન	લો-ટુ-હાઇ ટ્રાન્ઝિશન	2fb

ગુણધર્મો:

- એનઆરોડ: શૂન્ય પર પાછા ફરતું નથી, સરળ પણ સ્વ-સિંકોનાઇઝેશન નથી
- આરોડ: શૂન્ય પર પાછા ફરે છે, સરળ કલોક રિકવરી પણ બમળી બેન્ડવિડ્થ
- મેન્ચેસ્ટર: સ્વ-સિંકોનાઇઝિંગ, ઇથરનેટમાં વપરાય છે

એપ્લિકેશન:

- એનઆરોડ: સરળ ડિજિટલ સિસ્ટમ
- આરોડ: મેચેટિક રેકોર્ડિંગ
- મેન્ચેસ્ટર: ઇથરનેટ, કેટલાક વાયરલેસ સ્ટાન્ડર્ડ

મેમરી ટ્રીક

“NRZ-Simple, RZ-Return, Manchester-Transition - SRT”

પ્રશ્ન 5(અ) OR [3 ગુણ]

ટાઇમ ડિવિઝન ડિજિટલ મલિટિપ્લેક્સિંગના કોન્સોટનું વર્ણન કરો.

જવાબ

TDM કોન્સોપટ: ટાઇમ ડિવિઝન મલિટિપ્લેક્સિંગ એ તકનીક છે જેમાં દરેક સિગ્નલને અલગ અલગ ટાઇમ સ્લોટ આપીને અનેક ડિજિટલ સિગ્નલ એક જ ચેનલ પર ટ્રાન્સમિટ કરવામાં આવે છે.

TDM ફેમ સ્ટ્રક્ચર:

Frame: |CH1|CH2|CH3|CH4|SYNC|CH1|CH2|CH3|CH4|SYNC|
 Frame Period

કાર્યસિક્ષાંતા:

ઘટક	કાર્ય
ટાઇમ સ્લોટ	દરેક ચેનલને આપવામાં આવતી નિશ્ચિત અવધિ
ફેમ	બધી ચેનલ ધરાવતું સંપૂર્ણ ચક
સિંકોનાઇઝેશન	યોગ્ય ચેનલ અલગીકરણ જાળવે છે
મલિટિપ્લેક્સર	અનેક ઇનપુટ અનુકૂમે જોડે છે

મુખ્ય લક્ષણો:

- ફિક્સ્ડ ટાઇમ સ્લોટ: દરેક ચેનલને પૂર્વનિર્ધારિત સમય મળે છે
- સિક્વેન્શિયલ સેમ્પલિંગ: ચેનલ એક પછી એક સેમ્પલ થાય છે
- ડિજિટલ ટ્રાન્સમિશન: ડિજિટલ સિગનલ માટે યોગ્ય
- બેન્ડવિડ્યુથ શેરિંગ: કાર્યક્ષમ સ્પેક્ટ્રમ ઉપયોગ

એપ્લિકેશન:

- ટેલિફોન સિસ્ટમ: T1, E1 સિસ્ટમ
- ડિજિટલ હાયરાર્કી: PDH, SDH સિસ્ટમ

મેમરી ટ્રીક

"Time slots Share Single Channel - TSSC"

પ્રશ્ન 5(બ) OR [4 ગુણ]

ડિફરન્શિયલ PCM (DPCM) પર ટ્રોઠી નોંધ લખો.

જવાબ

DPCM બ્લોક ડાયગ્રામ:

Mermaid Diagram (Code)

```

{Shaded}
{Highlighting} []
graph LR
    A[ ] --{-{-}{}}--> B[ ]
    C[ ] --{-{-}{}}--> B
    B --{-{-}{}}--> D[ ]
    D --{-{-}{}}--> E[ ]
    E --{-{-}{}}--> F[ ]
    D --{-{-}{}}--> G[ ]
    G --{-{-}{}}--> H[ ]
    C --{-{-}{}}--> H
    H --{-{-}{}}--> C
{Highlighting}
{Shaded}
  
```

કાર્યસિદ્ધાંત:

- પ્રિડિક્શન: પહેલાના સેમ્પલમાંથી વર્તમાન સેમ્પલનો અંદાજ કાઢે છે
- ડિફરન્સ સિગનલ: વાસ્તવિક અને અંદાજિત વચ્ચેનો તફાવત ટ્રાન્સમિટ કરે છે
- કવોન્ટાઇઝન: માત્ર ડિફરન્સ સિગનલ કવોન્ટાઇઝ કરે છે
- લોકલ ડીકોડર: રીસીવર જેવો જ રેફરન્સ જાળવે છે

પ્રિડિક્શન એલોરિધમ:

પ્રકાર	સૂત્ર	એપ્લિકેશન
જીરો ઓર્ડર	$\hat{x}(n) = x(n-1)$	સરળ પ્રિડિક્ટર
ફર્સ્ટ ઓર્ડર	$\hat{x}(n) = ax(n-1)$	વધુ સારું પ્રિડિક્શન
હાયર ઓર્ડર	$\hat{x}(n) = \sum a_i(n-i)$	ઓપ્ટિમમ પ્રિડિક્શન

ફાયદા:

- રિજ્યુર્ડ બિટ રેટ: PCM કરતાં ઓછો બિટ રેટ
- બેટર એસઅનાર: સમાન બિટ રેટ માટે વધુ સારો SNR
- પ્રિડિક્ટવ કોડિંગ: સિશ્વલ કોરિલેશનનો લાભ લે છે

એપ્લિકેશન:

- ઇમેજ કમ્પ્રેશન: JPEG સ્ટાન્ડર્ડ
- વીડિયો કોડિંગ: મોશન કમ્પેસેશન
- સ્પીચ કોડિંગ: સ્પીચ કમ્પ્રેશન સિસ્ટમ

PCM સાથે સરખામણી:

- બિટ રેટ: DPCM ઓછા બિટ જરૂરી છે
- કોમ્પ્લેક્સટી: PCM કરતાં વધુ જાટિલ
- કવોલિટી: સમાન બિટ રેટ પર વધુ સારી કવોલિટી

મેમરી ટ્રીક

“Predict Difference, Quantize Less - PDQL”

પ્રશ્ન 5(ક) OR [7 ગુણ]

4 સ્તરના ડિજિટલ માલ્ટિપ્લેક્સિંગ હાયરાર્કી પર ટૂંકી નોંધ લખો.

જવાબ

ડિજિટલ માલ્ટિપ્લેક્સિંગ હાયરાર્કી:

લેવલ સ્ટ્રક્ચર:

લેવલ	નામ	બિટ રેટ	વોઇસ ચેનલ	એપ્લિકેશન
લેવલ 0	DS-0	64 kbps	1	મૂળભૂત વોઇસ ચેનલ
લેવલ 1	DS-1/T1	1.544 Mbps	24	પ્રાઇમરી માલ્ટિપ્લેક્સ
લેવલ 2	DS-2/T2	6.312 Mbps	96	સેકન્ડરી માલ્ટિપ્લેક્સ
લેવલ 3	DS-3/T3	44.736 Mbps	672	ટર્ણિયરી માલ્ટિપ્લેક્સ

મલ્ટિપ્લેક્સિંગ સ્ટ્રક્ચર:

Mermaid Diagram (Code)

```
{Shaded}
{Highlighting} []
graph TD
    A[24 DS{-0}] --- B[DS{-1}]
    C[4 DS{-1}] --- D[DS{-2}]
    E[7 DS{-2}] --- F[DS{-3}]
    G[6 DS{-3}] --- H[DS{-4}]
{Highlighting}
{Shaded}
```

T1 માટે ફેમ સ્ટ્રક્ચર:

- ફેમ લેન્થ: 193 બિટ (192 ડેટા + 1 ફેમિંગ)
- ફેમ રેટ: 8000 ફેમ/સેકન્ડ
- ટાઇમ સ્લોટ: દરેક યેનલ માટે 8 બિટ
- ફેમિંગ બિટ: સિંકોનાઇઝેશન પેટન્

T1 ફેમ ફોર્મેટ:

|F|CH1|CH2|...|CH24|F|CH1|CH2|...|CH24|
↑ ↑
Framing 193 bits total

મલ્ટિપ્લેક્સિંગ પ્રક્રિયા:

- લેવલ 1: 24 વોઇસ યેનલ $\times 64\text{ kbps} = 1.544\text{ Mbps}$
- લેવલ 2: 4 T1 સ્ટ્રીમ + ઓવરહેડ = 6.312 Mbps
- લેવલ 3: 7 T2 સ્ટ્રીમ + ઓવરહેડ = 44.736 Mbps
- સિંકોનાઇઝેશન: દરેક લેવલ સિંકોનાઇઝેશન બિટ ઉમેરે છે

એપ્લિકેશન:

- ટેલિફોન નેટવર્ક: ટેલિફોન સિસ્ટમમાં પ્રાથમિક એપ્લિકેશન
- ડેટા કમ્પ્યુનિકેશન: હાઇ-સ્પીડ ડેટા ટ્રાન્સમિશન
- ઇન્ટરનેટ વેક્ટોપોન: ઇન્ટરનેટ સર્વિસ પ્રોવાઇડર કનેક્શન

આંતરરાષ્ટ્રીય સ્ટાન્ડર્ડ:

- નોર્થ અમેરિકા: T1/T3 હાયરાર્કો (DS શ્રેણી)
- ચુરોપિયન: E1/E3 હાયરાર્કો (અલગ બિટ રેટ)
- આઈટીયુ-ટી: આંતરરાષ્ટ્રીય ભલામણો

કાયદા:

- સ્ટાન્ડર્ડઇઝેશન: સારી રીતે વ્યાપ્યાયિત આંતરરાષ્ટ્રીય સ્ટાન્ડર્ડ
- સ્કેલેબિલિટી: ક્ષમતા વધારવામાં સરળતા
- ઇન્ટરઓપરેબિલિટી: વિવિધ વેન્ડર વર્ષે સુસંગતતા

મેમરી ટ્રીક

“Digital Signal hierarchy: 0-1-2-3 levels Build Communication Systems - DS-BCS”