

Chapter 1

Digital Transmission

Latihan 1.1 Contoh soal 1

Solusi *Contoh solusi*

Latihan 1.2 Contoh soal

Solusi *Contoh solusi*

Latihan 1.3 Contoh soal

Solusi *Contoh solusi*

Latihan 1.4 Contoh soal

Solusi *Contoh solusi*

Latihan 1.5

Gambarlah grafik skema Manchester menggunakan masing-masing aliran data berikut, dengan asumsi bahwa level sinyal terakhir adalah positif. Dari grafik, tebak bandwidth untuk skema ini menggunakan jumlah rata-rata perubahan level sinyal.

- a) 00000000
- b) 11111111
- c) 01010101
- d) 00110011

Bandingkan tebakan Anda dengan entri yang sesuai pada Tabel 1.1.

Solusi

Gambar grafik skema Manchester dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Bandwidth sebanding dengan $(12,5 / 8) N$ yang berada dalam kisaran pada Tabel 1.1

($B = N$ hingga $B = 2N$) untuk skema Manchester.

Latihan 1.6

Gambarlah grafik skema diferensial Manchester menggunakan masing-masing aliran data berikut, dengan asumsi bahwa level sinyal terakhir adalah positif. Dari grafik, tebak bandwidth untuk skema ini menggunakan jumlah rata-rata perubahan level sinyal.

- a) 00000000
- b) 11111111
- c) 01010101

Tabel 1.1: Ringkasan skema pengkodean baris

Kategori	Skema	Bandwidth (rata-rata)	Karakteristik
Unipolar	NRZ	$B=N/2$	Mahal, tidak ada sinkronisasi otomatis jika panjang Os atau Is, DC
Unipolar	NRZ-L	$B=N/2$	Tidak ada sinkronisasi sendiri jika Os panjang atau Is, DC
	NRZ-I	$B=N/2$	Tidak ada sinkronisasi otomatis selama S, DC
	Biphase	$B=N$	Sinkronisasi diri, tidak ada DC, bandwidth tinggi
Bipolar	AMI	$B=N/2$	Tidak ada sinkronisasi otomatis untuk OS lama, DC
Multilevel	2BIQ	$B=N/4$	Tidak ada sinkronisasi sendiri untuk bit ganda yang sama panjang
	8B6T	$B=3N/4$	Sinkronisasi diri, tidak ada DC
	4D-PAM5	$B=N/8$	Sinkronisasi diri, tidak ada DC
Multiline	MLT-3	$B=N/3$	Tidak ada sinkronisasi otomatis untuk Os yang lama

d) 00110011

Bandingkan tebakan Anda dengan entri yang sesuai pada Tabel 1.1.

Solusi

Gambar grafik skema diferensial Manchester dapat dilihat pada Gambar 1.2.

Bandwidth sebanding dengan $(12/8) N$ yang berada dalam kisaran pada Tabel 1.1

($B = N$ ke $2N$) untuk skema diferensial Manchester.

Latihan 1.7

Gambarlah grafik skema 2B1Q menggunakan masing-masing aliran data berikut, dengan asumsi bahwa level sinyal terakhir adalah positif. Dari grafik, tebak bandwidth untuk skema ini menggunakan jumlah rata-rata perubahan level sinyal.

a) 0000000000000000

b) 1111111111111111

c) 0101010101010101

d) 0011001100110011

Bandingkan tebakan Anda dengan entri yang sesuai pada Tabel 1.1.

Solusi

Gambar grafik skema 2B1Q dapat dilihat pada Gambar 1.3.

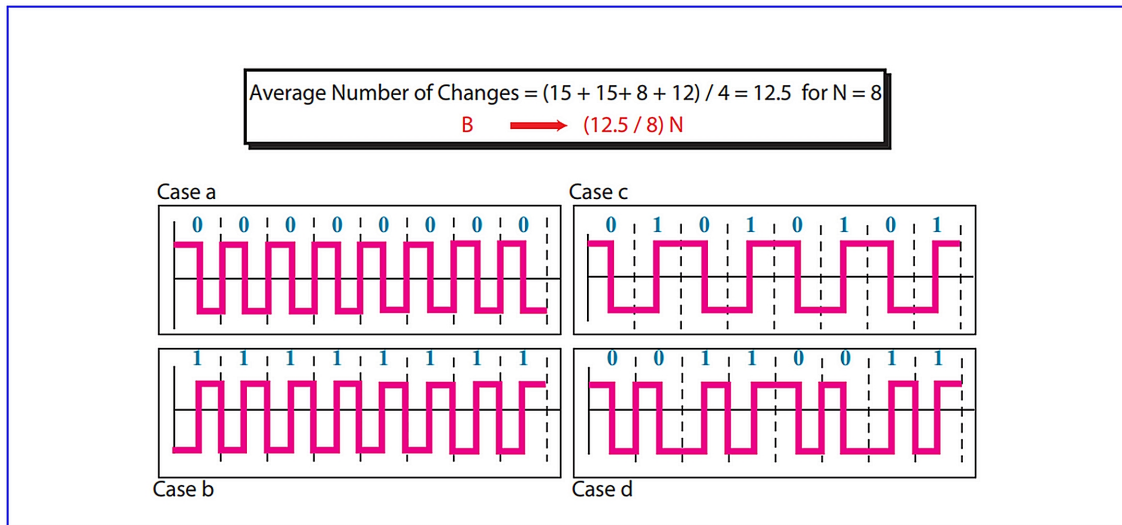
Bandwidth sebanding dengan $(5.25 / 16) N$ yang berada di dalam range pada Tabel 1.1

($B = 0$ hingga $N/2$) untuk 2B/1Q.

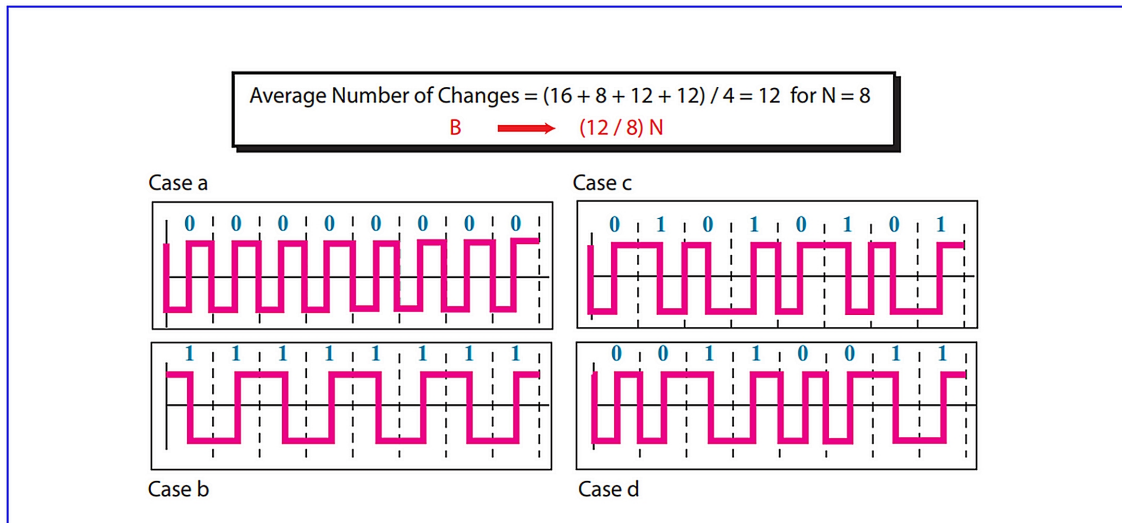
Latihan 1.8

Gambarlah grafik skema MLT-3 menggunakan masing-masing aliran data berikut, dengan asumsi bahwa level sinyal terakhir adalah positif. Dari grafik, tebak bandwidth untuk skema ini menggunakan jumlah rata-rata perubahan level sinyal.

a) 00000000



Gambar 1.1: Gambar grafik skema Manchester



Gambar 1.2: Gambar grafik skema diferensial Manchester

b) 11111111

c) 01010101

d) 00011000

Bandingkan tebakan Anda dengan entri yang sesuai pada Tabel 1.1.

Solusi

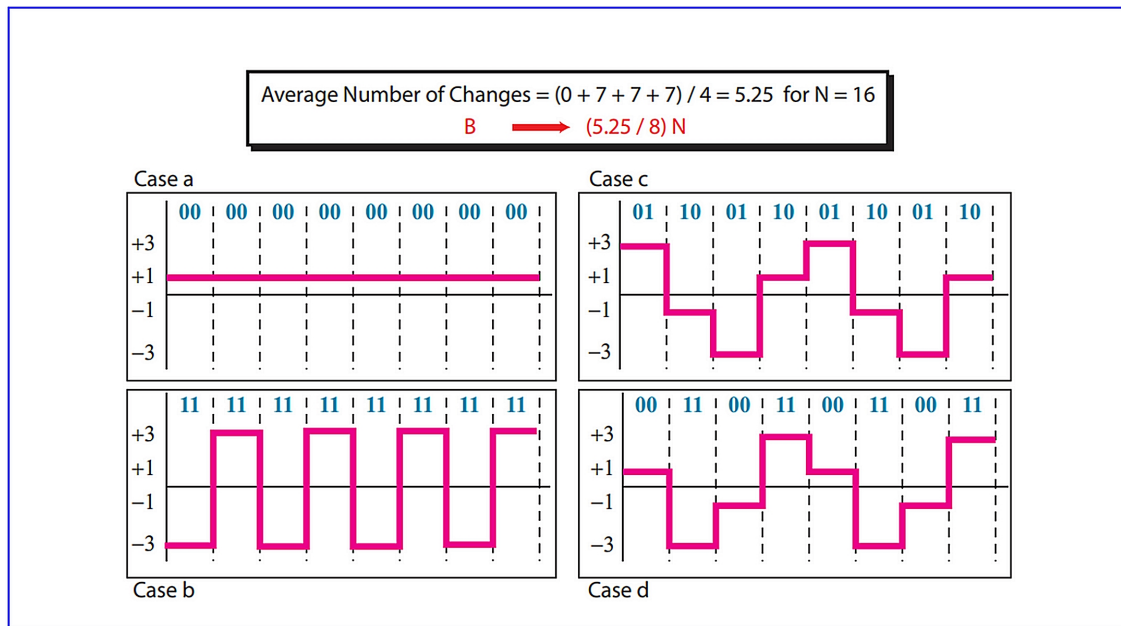
Gambar grafik skema MLT-3 dapat dilihat pada Gambar 1.4.

Bandwidth sebanding dengan $(5.25/8) \times N$ yang berada di dalam kisaran pada Tabel 1.1 ($B = 0$ hingga $N/2$) untuk MLT-3.

Latihan 1.9 Contoh soal 9

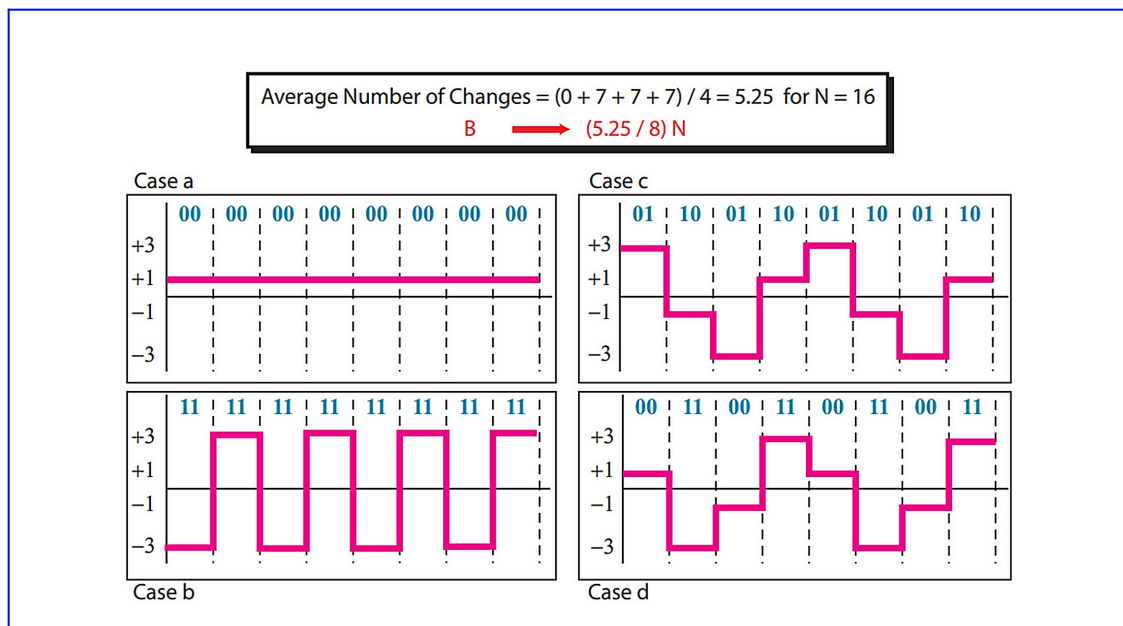
Solusi Contoh solusi

Latihan 1.10 Contoh soal



Gambar 1.3: Gambar grafik skema 2B1Q

Solusi *Contoh solusi***Latihan 1.11** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.12** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.13** Contoh soal 13**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.14** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.15** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.16** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.17** Contoh soal 17**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.18** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.19** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi***Latihan 1.20** Contoh soal**Solusi** *Contoh solusi*



Gambar 1.4: Gambar grafik skema MLT-3

Chapter 2

Analog Transmission

Latihan 2.1 Calculate the baud rate for the given bit rate and type of modulation.

- a. 2000 bps, FSK
- b. 4000 bps, ASK

Solusi We use the formula $S = (1/r) \times N$, but first we need to calculate the value of r for each case.

- a. $r = \log_2 2 = 1 \rightarrow S = (1/1) \times (2000 \text{ bps}) = 2000 \text{ baud}$
- b.

Latihan 2.2 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Latihan 2.3 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Latihan 2.4 Contoh soal

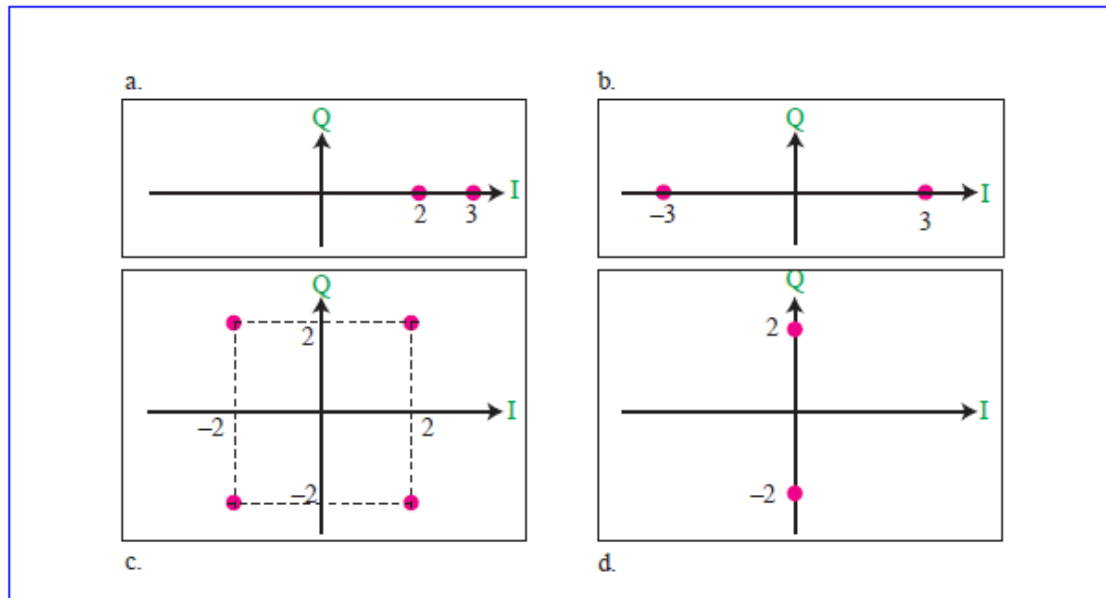
Solusi Contoh solusi

Latihan 2.5 Gambarlah diagram konstelasi untuk kasus-kasus berikut. Temukan amplitudo puncak nilai untuk setiap kasus dan tentukan jenis modulasi (ASK, FSK, PSK, atau QAM). Angka-angka dalam tanda kurung menentukan nilai I dan Q masing-masing.

- a. Dua titik di (2, 0) dan (3, 0).
- b. Dua titik di (3, 0) dan (-3, 0).
- c. Empat poin di (2, 2), (-2, 2), (-2, -2), dan (2, -2).
- d. Dua titik di (0, 2) dan (0, -2).

Solusi

- a. Ada dua amplitudo puncak keduanya dengan fase yang sama (0 derajat). Nilai amplitudo puncak adalah $A_1 = 2$ (jarak antara titik pertama dan titik asal) dan $A_2 = 3$ (jarak antara titik kedua dan titik asal).
- b. Hanya ada satu amplitudo puncak (3). Jarak antara masing-masing titik dan asalnya adalah 3. Namun, kami memiliki dua fase, 0 dan 180 derajat.
- c. Ini dapat berupa QPSK (satu amplitudo, empat fase) atau 4-QAM (satu amplitudo dan empat fase). Amplitudo adalah jarak antara titik dan asal, yaitu $(2^2 + 2^2)^{\frac{1}{2}} = 2,83$.

Figure 5.2 *Solution to Exercise 15*

Solution of Latihan 2.5

d. Ini juga BPSK. Amplitudo puncaknya adalah 2, tetapi kali ini fasenya adalah 90 dan 270 derajat.

Latihan 2.6 Berapa banyak bit per baud yang dapat kita kirim dalam setiap kasus berikut jika sinyal: rasi bintang memiliki salah satu dari jumlah titik berikut?

- 2
- 4
- 16
- 1024

Solusi Jumlah titik menentukan jumlah level, L . Jumlah bit per baud adalah nilai r . Oleh karena itu, kami menggunakan rumus $r = \log_2 L$ untuk setiap kasus.

- $\log_2 2 = 1$
- $\log_2 4 = 2$
- $\log_2 16 = 4$
- $\log_2 1024 = 10$

Latihan 2.7 Berapa bandwidth yang dibutuhkan untuk kasus berikut jika kita perlu mengirim 4000 bps? Misalkan $d = 1$.

- ASK
- QPSK
- 16-QAM
- 64-QAM

Solusi Kami menggunakan rumus $B = (1 + d) \times (1/r) \times N$, tetapi pertama-tama kita perlu menghitung nilai r untuk setiap kasus.

$$a. r = 1 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/1) \times (4000 \text{ bps}) = 8000 \text{ Hz}$$

$$b. r = 1 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/1) \times (4000 \text{ bps}) + 4 \text{ KHz} = 8000 \text{ Hz}$$

$$c. r = 2 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/2) \times (4000 \text{ bps}) = 2000 \text{ Hz}$$

$$d. r = 4 \rightarrow B = (1 + 1) \times (1/4) \times (4000 \text{ bps}) = 1000 \text{ Hz}$$

Latihan 2.8 Saluran telepon memiliki bandwidth 4 KHz. Berapa jumlah bit maksimum yang kami? dapat mengirim menggunakan masing-masing teknik berikut? Misalkan $d = 0$

- a. ASK
- b. QPSK
- c. 16-QAM
- d. 64-QAM

Solusi Kami menggunakan rumus $N = [1/(1 + d)] \times r \times B$, tetapi pertama-tama kita perlu menghitung nilai r untuk setiap kasus.

$$a. r = \log_2 2 = 1 \rightarrow N = [1/(1 + 0)] \times 1 \times (4 \text{ KHz}) = 4 \text{ kbps}$$

$$b. r = \log_2 4 = 2 \rightarrow N = [1/(1 + 0)] \times 2 \times (4 \text{ KHz}) = 8 \text{ kbps}$$

$$c. r = \log_2 16 = 4 \rightarrow N = [1/(1 + 0)] \times 4 \times (4 \text{ KHz}) = 16 \text{ kbps}$$

$$d. r = \log_2 64 = 6 \rightarrow N = [1/(1 + 0)] \times 6 \times (4 \text{ KHz}) = 24 \text{ kbps}$$

Latihan 2.9 Contoh soal 9

Solusi Contoh solusi

Latihan 2.10 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Latihan 2.11 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Latihan 2.12 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Chapter 3

Bandwidth Utilization: Multiplexing and Spreading

Latihan 3.1 Asumsikan bahwa saluran suara menempati bandwidth 4 kHz. Kita perlu multipleks 10 saluran suara dengan band penjaga 500 Hz menggunakan FDM. Hitung yang dibutuhkan bandwidth?

Solusi Untuk multipleks 10 saluran suara, kita membutuhkan sembilan band penjaga. Bandwidth yang dibutuhkan kemudian $B = (4 \text{ KHz}) * 10 + (500 \text{ Hz}) * 9 = 44,5 \text{ KHz}$

Latihan 3.2 Kita perlu mengirimkan 100 saluran suara digital menggunakan saluran pass-band dari 20 KHz. Berapa rasio bit/Hz jika kita tidak menggunakan guard band?

Solusi Bandwidth yang dialokasikan untuk setiap saluran suara adalah $20 \text{ KHz} / 100 = 200 \text{ Hz}$. Seperti yang kita lihat di bab sebelumnya, setiap saluran suara digital memiliki kecepatan data 64 Kbps (8000 sampel * 8 bit/sampel). Ini berarti bahwa teknik modulasi kami menggunakan $64.000/200 = 320 \text{ bit/Hz}$.

Latihan 3.3 Dalam hierarki analog Gambar 6.9, temukan overhead bandwidth ekstra untuk guard band atau kontrol di setiap level hierarki grup, supergrup, grup master, dan kelompok jumbo.

Solusi a. Tingkat grup: overhead = 48 KHz ($12 * 4 \text{ KHz}$) = 0 Hz b. Tingkat supergrup: overhead = 240 KHz ($5 * 48 \text{ KHz}$) = 0 Hz c. Grup master: overhead = 2520 KHz ($10 * 240 \text{ KHz}$) = 120 KHz d. Grup Jumbo: overhead = 16,984 MHz ($6 * 2,52 \text{ MHz}$) = 1,864 MHz.

Latihan 3.4 Kita perlu menggunakan TDM sinkron dan menggabungkan 20 sumber digital, masing-masing 100 Kbps. Setiap slot keluaran membawa 1 bit dari setiap sumber digital, tetapi satu bit tambahan ditambahkan ke setiap frame untuk sinkronisasi. Jawab pertanyaan berikut a. Berapa ukuran bingkai keluaran dalam bit? b. Berapa kecepatan bingkai keluaran? c. Berapa durasi frame output? d. Berapa kecepatan data keluaran? e. Berapa efisiensi sistem (rasio bit yang berguna dengan total bit).

Solusi a. Setiap bingkai keluaran membawa 1 bit dari setiap sumber ditambah satu bit tambahan untuk sinkronisasi. Ukuran bingkai = $20 * 1 + 1 = 21 \text{ bit}$. b. Setiap frame membawa 1 bit dari setiap sumber. Kecepatan bingkai = $100.000 \text{ bingkai/dtk}$. c. Durasi bingkai = $1 / (\text{kecepatan bingkai}) = 1/100.000 = 10 \text{ s}$ d. Kecepatan data = $(100.000 \text{ bingkai/dtk}) * (21 \text{ bit/bingkai}) = 2,1 \text{ Mbps}$ e. Dalam setiap frame 20 bit dari 21 berguna. Efisiensi = $20/21 = 95$

Latihan 3.5 Contoh soal 5 : Kita perlu menggunakan TDM sinkron dan menggabungkan 20 sumber digital, masing-masing 100 Kbps. Setiap slot keluaran membawa 1 bit dari setiap sumber digital, tetapi satu bit tambahan ditambahkan ke setiap frame untuk sinkronisasi

- Cara menghitung Berapa ukuran bingkai keluaran dalam bit?
- Cara menghitung Berapa kecepatan bingkai keluaran?
- Cara menghitung Berapa durasi frame output?
- Cara menghitung Berapa kecepatan data keluaran?

- Cara menghitung Berapa efisiensi sistem (rasio bit yang berguna dengan total bit)? setiap slot keluaran membawa 2 bit dari setiap sumber

Solusi Contoh solusi

- Setiap bingkai keluaran membawa 2 bit dari setiap sumber ditambah satu bit tambahan untuk sinkronisasi. Ukuran bingkai = $20 \times 2 + 1 = 41$ bit.
- Setiap frame membawa 2 bit dari setiap sumber. Kecepatan bingkai = $100.000/2 = 50.000$ bingkai/dtk.
- Durasi bingkai = $1 / (\text{kecepatan bingkai}) = 1 / 50.000 = 20$ s.
- Kecepatan data = $(50.000 \text{ frame/s}) \times (41 \text{ bit/frame}) = 2,05 \text{ Mbps}$. Kecepatan data keluaran di sini sedikit kurang dari yang ada di Latihan 16.
- Dalam setiap frame 40 bit dari 41 berguna. Efisiensi = $40/41 = 97,5$

Latihan 3.6 Contoh soal 6 : Kami memiliki 14 sumber, masing-masing membuat 500 karakter 8-bit per detik. Karena hanya beberapa dari sumber-sumber ini yang aktif setiap saat, kami menggunakan TDM statistik untuk menggabungkan sumber-sumber ini menggunakan penyisipan karakter. Setiap frame membawa 6 slot sekaligus, tetapi kita perlu menambahkan alamat 4-bit ke setiap slot. Jawab pertanyaan berikut:

- Berapa ukuran bingkai keluaran dalam bit?
- Berapa kecepatan bingkai keluaran?
- Berapa durasi bingkai keluaran?
- Berapa kecepatan data keluaran?

Solusi

- Ukuran bingkai = $6 \times (8 + 4) = 72$ bit.
- Kita dapat mengasumsikan bahwa kita hanya memiliki 6 jalur input. Setiap bingkai perlu membawa satu karakter dari masing-masing baris ini. Ini berarti bahwa frame rate adalah 500 bingkai/dtk.
- Durasi bingkai = $1 / (\text{kecepatan bingkai}) = 1 / 500 = 2$ md.
- Kecepatan data = $(500 \text{ frame/s}) \times (72 \text{ bit/frame}) = 36 \text{ kbps}$.

Latihan 3.7 Contoh soal : Sepuluh sumber, enam dengan bit rate 200 kbps dan empat dengan bit rate 400 kbps, akan digabungkan menggunakan TDM bertingkat tanpa bit sinkronisasi. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut tentang tahap akhir dari multiplexing:

- Berapa ukuran frame dalam bit?
- Berapa frame ratenya?
- Berapa durasi sebuah frame?
- Berapa kecepatan datanya?

Solusi

- Setiap frame keluaran membawa 1 bit dari masing-masing dari tujuh saluran 400-kbps. Ukuran bingkai = $7 \times 1 = 7$ bit.
- Setiap frame membawa 1 bit dari setiap sumber 400-kbps. Kecepatan bingkai = 400.000 bingkai/dtk.

- $Durasi\ bingkai = 1 / (kecepatan\ bingkai) = 1 / 400.000 = 2,5\ s.$
- $Kecepatan\ data\ keluaran = (400.000\ bingkai/dtk) \times (7\ bit/bingkai) = 2,8\ Mbps.$ Kita juga dapat menghitung laju data keluaran sebagai jumlah laju data masukan karena tidak ada bit yang disinkronkan. $Kecepatan\ data\ keluaran = 6 \times 200 + 4 \times 400 = 2,8\ Mbps.$

Latihan 3.8 Contoh soal : Empat saluran, dua dengan kecepatan bit 200 kbps dan dua dengan kecepatan bit 150 kbps, akan dimultipleks menggunakan TDM slot ganda tanpa bit sinkronisasi. Jawab pertanyaan berikut:

- Berapa ukuran frame dalam bit?
- Berapa frame ratenya?
- Berapa durasi sebuah frame?
- Berapa kecepatan datanya?

Solusi

- a Frame membawa 4 bit dari masing-masing dua sumber pertama dan 3 bit dari masing-masing dua sumber kedua. $Ukuran\ bingkai = 4 \times 2 + 3 \times 2 = 14\ bit.$
- b Setiap frame membawa 4 bit dari setiap sumber 200-kbps atau 3 bit dari setiap 150 kbps. $Kecepatan\ bingkai = 200.000 / 4 = 150.000 / 3 = 50.000\ bingkai/dtk.$
- c $Durasi\ bingkai = 1 / (kecepatan\ bingkai) = 1 / 50.000 = 20\ s.$
- d $Kecepatan\ data\ keluaran = (50.000\ frame/s) \times (14\ bit/frame) = 700\ kbps.$ Kita juga dapat menghitung laju data keluaran sebagai jumlah laju data masukan karena tidak ada bit sinkronisasi. $Kecepatan\ data\ keluaran = 2 \times 200 + 2 \times 150 = 700\ kbps.$

Latihan 3.9 Contoh soal 9

Solusi Contoh solusi

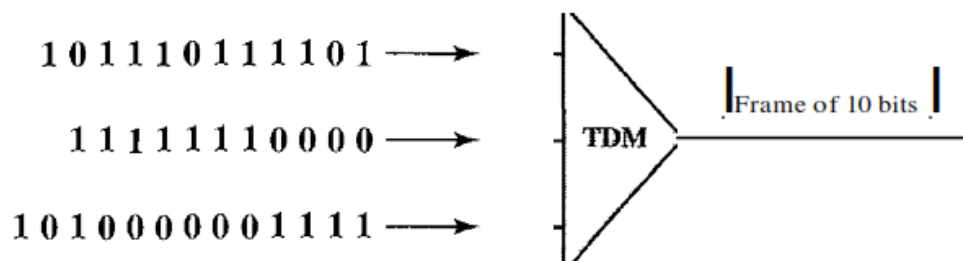
Latihan 3.10 Contoh soal

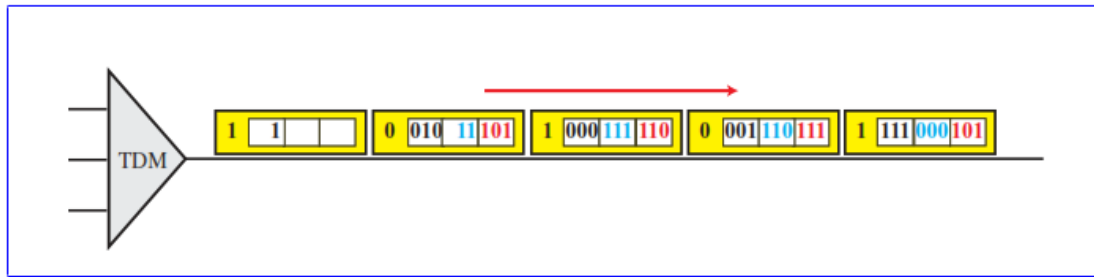
Solusi Contoh solusi

Latihan 3.11 Contoh soal

Solusi Contoh solusi

Latihan 3.12 Contoh soal 12 : Gambar dibawah ini menunjukkan multiplexer dalam sistem TDM sinkron. Setiap slot keluaran adalah panjangnya hanya 10 bit (3 bit diambil dari setiap input ditambah 1 bit framing). Apa keluarannya? jalur kecil? Bit tiba di multiplexer seperti yang ditunjukkan oleh panah.



**Solusi**

Latihan 3.13 Contoh soal 13 : Gambar 3.1 dibawah menunjukkan demultiplexer dalam TDM sinkron. Jika slot input adalah 16 bit panjang (tanpa bit framing), apa aliran bit di setiap output? Bit tiba di demultiplexer seperti yang ditunjukkan oleh panah.

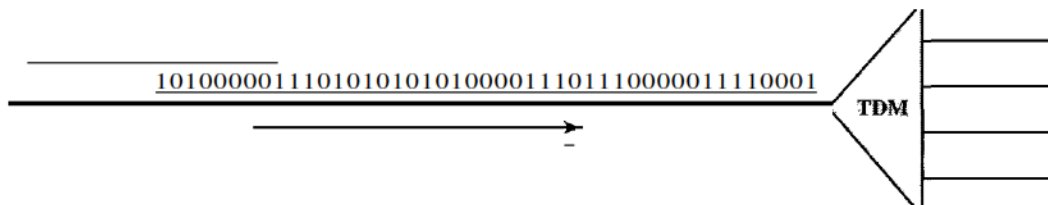


Figure 3.1: TDM

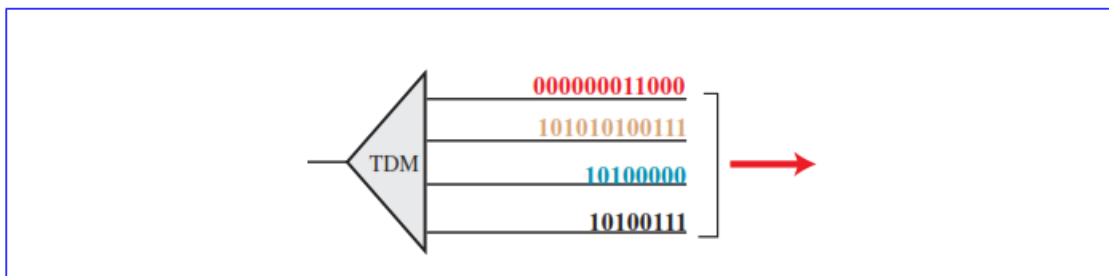
Solusi

Figure 3.2: solusi TDM

Latihan 3.14 Jawab pertanyaan berikut tentang hierarki digital pada Gambar 3.3:

- Berapa overhead (jumlah bit tambahan) dalam layanan DS-1?
- Berapa overhead (jumlah bit tambahan) dalam layanan DS-2?
- Berapa overhead (jumlah bit tambahan) dalam layanan DS-3?
- Berapa overhead (jumlah bit tambahan) dalam layanan DS-4?

Solusi

- $DS-1 \text{ Overhead} = 1.544\text{Mbps} - (24 \times 64\text{kbps}) = 8\text{kbps}$
- $DS-2 \text{ Overhead} = 6.312\text{Mbps} - (4 \times 1.544\text{kbps}) = 136\text{kbps}$

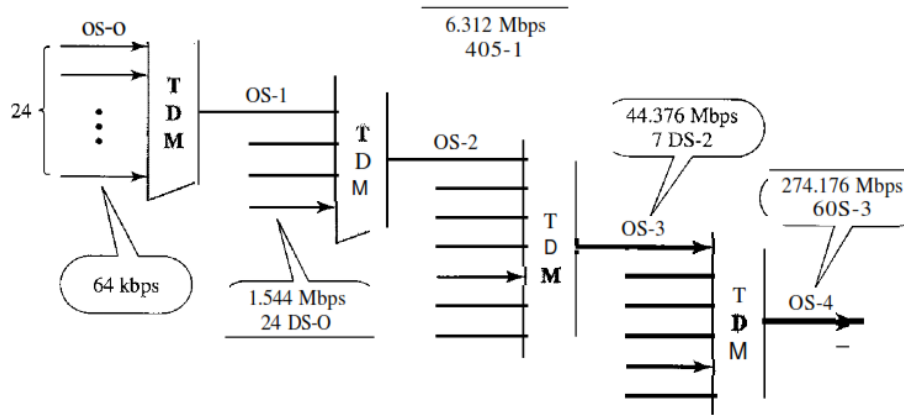


Figure 3.3: Hierarki Digital

c. $DS-3 \text{ Overhead} = 44.376 \text{ Mbps} - (7 \times 6.312 \text{ kbps}) = 192 \text{ kbps}$

d. $DS-4 \text{ Overhead} = 274.176 \text{ Mbps} - (6 \times 44.376 \text{ kbps}) = 7.92 \text{ Mbps}$

Latihan 3.15 Berapa jumlah bit minimum pada urutan PN jika kita menggunakan FHSS dengan bandwidth saluran $B = 4 \text{ KHz}$ dan $B_{ss} = 100 \text{ KHz}$?

Solusi Jumlah hop $= 100 \text{ KHz} / 4 \text{ KHz} = 25$. Jadi kita membutuhkan $\log_2 25 = 4,64 = 5 \text{ bit}$

Latihan 3.16 Sistem FHSS menggunakan urutan PN 4-bit. Jika bit rate PN adalah 64 bit per detik, jawablah pertanyaan berikut:

- Berapa jumlah total saluran yang mungkin?
- Berapa jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu putaran penuh PN?

Solusi

- $2^4 = 16 \text{ lompatan}$
- $(64 \text{ bit/s}) / 4 \text{ bit} = 16 \text{ siklus}$

Latihan 3.17 Generator angka pseudorandom menggunakan rumus berikut untuk membuat deret acak: $N_{i+1} = (5 + 7N_i) \text{ mod } 17$. Di mana N_i mendefinisikan nomor acak saat ini dan N_{i+1} mendefinisikan nomor acak berikutnya. Istilah mod berarti nilai sisa saat membagi $(5 + 7N_i)$ dengan 17. Tunjukkan urutan yang dibuat oleh generator ini untuk digunakan untuk spread spectrum.

Solusi Bilangan acak adalah 11, 13, 10, 6, 12, 3, 8, 9 seperti yang dihitung di bawah ini: *iiiiii HEAD*
=====

- $N_1 = 11$
- $N_2 = (5 + 7 * 11) \text{ mod } 17 = 13$
- $N_3 = (5 + 7 * 13) \text{ mod } 17 = 10$
- $N_4 = (5 + 7 * 10) \text{ mod } 17 = 6$
- $N_5 = (5 + 7 * 6) \text{ mod } 17 = 12$
- $N_6 = (5 + 7 * 12) \text{ mod } 17 = 3$

$$g. N7 = (5 + 7 * 3) \bmod 17 = 8$$

$$h. N8 = (5 + 7 * 8) \bmod 17 = 9$$

❏❏❏❏❏❏ e5a208f642cb6fef7bb29351946f1aafd79663ac

Latihan 3.18 Kami memiliki media digital dengan kecepatan data 10 Mbps. Berapa banyak saluran suara 64 kbps yang dapat dibawa oleh media ini jika kita menggunakan DSSS dengan urutan Barker?

Solusi Chip Barker adalah 11 bit, yang berarti meningkatkan bit rate 11 kali. Saluran suara 64 kbps membutuhkan $11 \times 64 \text{ kbps} = 704 \text{ kbps}$. Artinya saluran bandpass dapat membawa $(10 \text{ Mbps}) / (704 \text{ kbps})$ atau sekitar 14 saluran.