

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2008/2009

April - Mei 2009

## EEE 377 – PERHUBUNGAN DIGIT

Masa: 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA PULUH muka surat dan DUA muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

1. (a) Suatu isyarat voltan beramplitud  $A$  yang ditakrifkan dalam selang masa (s)  $-\tau/2 < t < \tau/2$ . Untuk isyarat ini,

*A voltage signal with amplitude  $A$  and defined within time (s) interval  $-\tau/2 < t < \tau/2$ . For this signal,*

- (i) Lakarkan gelombang isyarat tersebut dalam domin masa.  
*Draw the time domain wave form of the signal.* (10%)

- (ii) Terbitkan persamaan siri frekuensi isyarat tersebut.  
*Derive the frequency domain equation of the signal.* (20%)

- (ii) Lakarkan spektrum kuasa isyarat tersebut dan nyatakan ulasan anda.  
*Draw its power spectrum and give your comment.* (20%)

- (b) Sebuah kamera risikan telah dipasang dengan sistem pemancaran digit untuk perhubungan dengan sebuah komputer kawalan dalam sebuah bilik rahsia. Isyarat yang keluar dari kamera risikan tersebut adalah rentetan denyut  $1\text{mV}$ ,  $1\mu\text{s}$  berselang-seli secara rawak dengan denyut  $0\text{V}$ . Tambahan dari itu sistem pengesan pada komputer kawalan hanya dibenarkan mengesan dua frekuensi sahaja iaitu  $5\text{V}, 50\text{MHz}$  dan  $5\text{V}, 55\text{MHz}$ .

*A small spying camera was installed with a digital transmitter system to communicate with an isolated computer. Signal from the camera is a random streaming of  $1\text{mV}$ ,  $1\mu\text{s}$  and  $0\text{V}$  pulses. On the other hand the isolated computer need to detect only two signals, merely,  $5\text{V}, 50\text{MHz}$  and  $5\text{V}, 55\text{MHz}$ .*

Berdasarkan keterangan di atas;

*Based on above statement,*

- (i) Tunjukkan analisis matematik dan lakaran spektrum amplitud isyarat yang dipancarkan oleh sistem pemancar digit tersebut.

*Show the mathematical analysis and draw the power spectrum of the transmitted signal.*

(30%)

- (ii) Hitung julat frekuensi minima serta lebar jalur minima yang mesti dikesan oleh komputer kawalan.

*Calculate the minimum frequency range and also the minimum bandwidth to be detected by the isolated computer.*

(20%)

2. (a) Pemodulatan digit dan pemodulatan spektrum terserak adalah dua proses pemodulatan yang lazim dalam sesebuah sistem perhubungan digit. Senaraikan dua perbezaan antara kedua-dua kaedah pemodulatan.

*Digital modulation and spread spectrum modulation are two different modulation schemes. List two differences between these modulation schemes.*

(25%)

- (b) Terangkan dengan jelas konsep penjana PN.  
*Explain in detail the concept of PN generator.*

(25%)

...4/-

- (c) Seorang tentera membuat perhubungan dengan markas operasi dengan menggunakan sistem perhubungan spektrum terserak DS/PSK. Isyarat suara tentera tersebut telah melalui litar pemodulatan DS/PSK lalu dipancarkan ke ruang udara. Malangnya, pihak musuh telah dapat mengesan isyarat tersebut, dan terus memancarkan suatu isyarat sinusoidal beramplitud besar ke udara bagi mengganggu perhubungan antara tentera tersebut dengan markas operasinya. Berdasarkan kepada keterangan di atas, buktikan bahawa markas operasi masih boleh mendengar suara tentera tersebut dengan baik walaupun telah diganggu oleh isyarat pihak musuh.

*An army officer is communicating with its operation base using DS/PSK communication set. Its voice signal goes into DS/PSK circuit then transmitted through air. Unfortunately the enemies' team intercepted the transmitted signal and consequently they transmit a large amplitude disturbance signal into air. Based on this story, show that the received voice signal at the operation base could be heard clearly and it is not affected by the disturbance signal.*

(50%)

3. Jadual 1 memberikan beberapa parameter-parameter untuk kod binary BCH.  
*Table 1 gives the parameters for some selected Binary BCH codes.*

Jadual 1  
*Table 1*

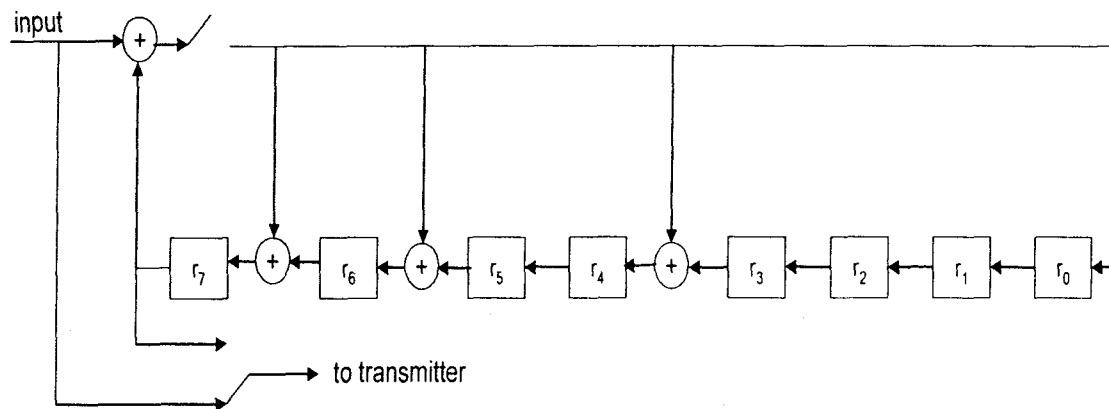
n	k	t	g
7	4	1	1011
15	11	1	10011
15	7	2	111010001
15	5	3	10100110111
31	26	1	100101
31	21	2	11101101001
31	16	3	100011110101111
31	11	5	101100010011011010101
31	6	7	11001011011110101000100111

- (a) Nyatakan parameter yang diwakili oleh n, k, t dan g.  
*State the parameters represented by n, k, t and g.*

(20%)

- (b) Seorang pelajar ditugaskan untuk menguji litar pengekod blok yang diberikan di Rajah 1 dengan menggunakan aliran bit pesanan 1001001101001010000111111011.

*A student was assigned to test the block encoder circuit given in Figure 1 using a message bitstream of 1001001101001010000111111011.*



Rajah 1  
Figure 1

- (i) Pelajar itu telah membahagikan aliran bit pesanan kepada beberapa blok 4-bit dan memasukkannya blok demi blok pada input pengekod. Jadualkan kandungan shift register  $r_0$  ke  $r_7$  apabila 4-bits blok pesanan yang pertama dipindahkan ke dalam register-register tersebut sehingga bit kesetarafan dihasilkan. Nyatakan katakod yang dihasilkan.

*The student decides to divide the message bitstream into blocks of 4 bits and apply them block-by-block to the input of the encoder. Tabulate the contents of the shift registers  $r_0$  to  $r_7$  as the 4-bits of the first message block (1001) are shifted into the registers until the parity-check bits are produced. State the codeword produced.*

(45%)

- (ii) Apabila katakod-katakod yang terhasil dibandingkan dengan buku katakod untuk kod BCH, pelajar itu mendapati tiada katakod yang sepadan. Cadangkan penyebab-penyebab kepada masalah ini.

*When the codewords produced by the message bitstream are compared to the codeword books for the BCH codes, the student could not find any matching codewords. Suggest possible reasons for the mismatch.*

(15%)

- (c) Cadangkan penyelesaian kepada masalah ketidaksepadanan di (ii) dan lakukan penilaian ke atas penyelesaian yang anda cadangkan itu.

*Propose a solution to the mismatch problem in (ii) and evaluate the effectiveness of your proposed solution.*

(20%)

4. (a) Lukiskan satu pengekod konvolusi (2,1,2) dengan tindakbalas dedenyut (111) dan (101). Terbitkan polinomial penghasil,  $g^1(D)$  and  $g^2(D)$ .

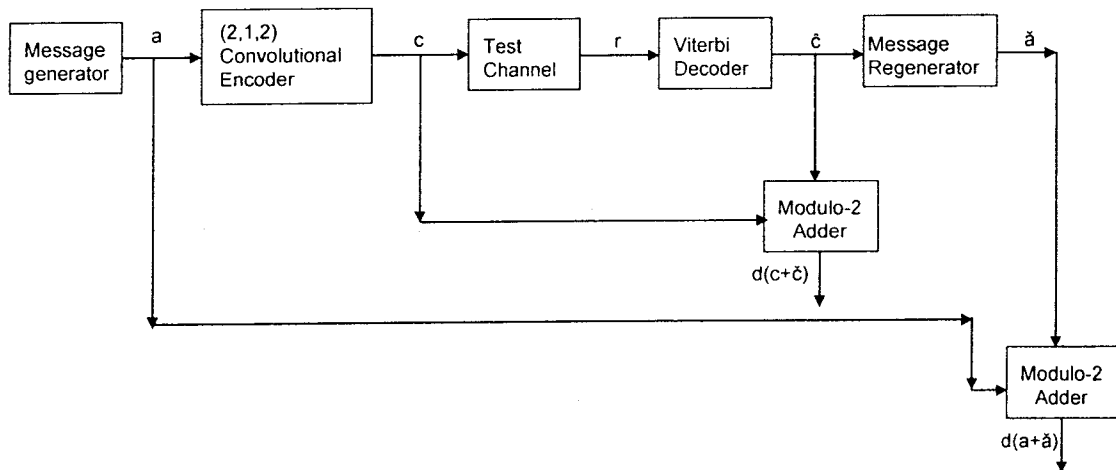
*Draw a (2,1,2) convolutional encoder with impulse responses of (111) and (101). Derive the generator polynomials,  $g^1(D)$  and  $g^2(D)$ .*

(30%)

- (b) Pengekod konvolusi (2,1,2) dalam a) digunakan dalam litar seperti ditunjukkan di Rajah 2 di bawah.

*The (2,1,2) convolutional encoder in a) is used in the circuit as shown in Figure 2 below.*

...8/-



Rajah 2  
Figure 2

Satu aliran bit pesanan,  $a$  dikodkan oleh pengekod (2,1,2) untuk menghasilkan katakod,  $c$ . Katakod tersebut dihantar melalui saluran ujian dan keluaran saluran adalah katakod yang diterima,  $r$  yang kemudiannya dimasukkan ke algoritma penyahkod Viterbi untuk menghasilkan katakod jangkaan,  $\hat{c}$ . Satu penghasilsemula pesanan menggunakan katakod jangkaan,  $\hat{c}$  untuk menghasilkan pesanan jangkaan,  $\hat{a}$ .

Dua penyampur modulo-2 melakukan operasi elemen demi elemen antara  $c$  dan  $\hat{c}$  dan antara  $a$  dan  $\hat{a}$  untuk menghasilkan jarak-jarak Hamming,  $d(c+\hat{c})$  dan  $d(a+\hat{a})$ .

*A message bitstream,  $a$  is encoded by the (2,1,2) convolutional encoder to produce a codeword,  $c$ . The codeword is then sent through a test channel and the output of the channel is a received codeword,  $r$  which is then applied to a Viterbi decoding algorithm to produce an estimate codeword,  $\hat{c}$ . A message regenerator uses the estimated codeword,  $\hat{c}$  to produce an estimate message,  $\hat{a}$ . 2 modulo-2 adders perform element-by-element operations between  $c$  and  $\hat{c}$  and between  $a$  and  $\hat{a}$  to produce the Hamming distances,  $d(c+\hat{c})$  and  $d(a+\hat{a})$ .*



- (i) Dengan menggunakan polinomial penghasil yang diterbitkan di bahagian (a), kerjakan katakod,  $c$  apabila pesanan  $a=100100$ .

*Using the generator polynomials derived in part (a), workout the codeword,  $c$  when the message  $a=100100$ .*

(25%)

- (ii) Katakod yang diterima,  $r=101110111011$  daripada pesanan  $a=100100$  dimasukkan ke algoritma penyahkod Viterbi. Kemajuan keputusan untuk setiap langkah sehingga ulangan ke enam ( $j=6$ ) diberikan di Rajah 3 di bawah. Untuk tujuan analisa, kesemua laluan yang tidak selamat dikekalkan dalam rajah. Analisa keputusan itu dan tunjukkan bahawa jarak-jarak Hamming,  $d(c+\hat{c})$  dan  $d(a+\hat{a}) \neq 0$ . Berikan penyebab kepada  $d(c+\hat{c})$  dan  $d(a+\hat{a})$  dan temukan punca penyebabnya.

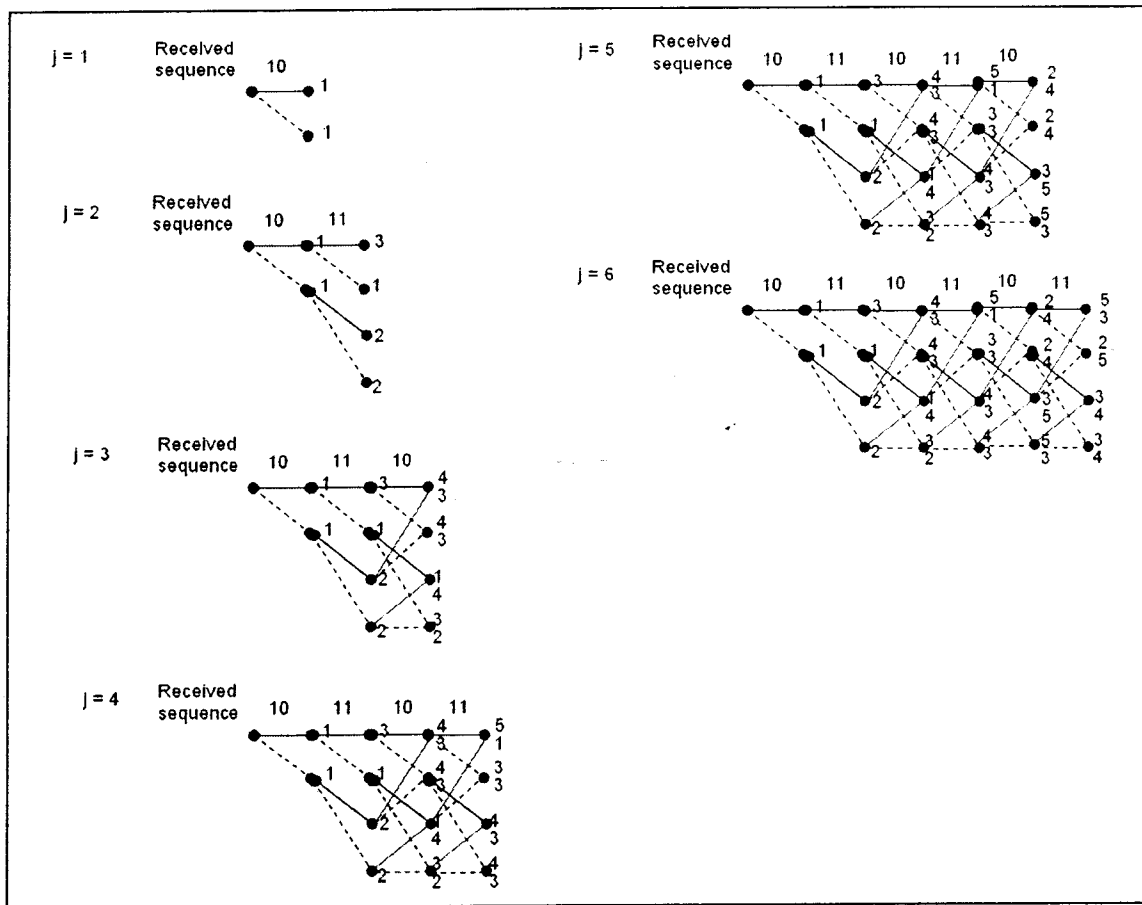
*The received codeword  $r=101110111011$  corresponding to the message  $a=100100$  is applied to the Viterbi decoding algorithm. The progressive results of the decoding steps until the sixth iteration ( $j=6$ ) is given in Figure 3 below. For the purpose of analysis, all the non-surviving paths have been retained in the diagrams. Analyse the progressive results and show that the Hamming distances,  $d(c+\hat{c})$  and  $d(a+\hat{a}) \neq 0$ . Give possible reasons for  $d(c+\hat{c})$  and  $d(a+\hat{a}) \neq 0$  and find out the root cause.*

(25%)

- (c) Reka satu pengekod yang baru yang mana apabila ia digunakan dalam litar di Rajah 3, jarak-jarak Hamming  $d(c+\hat{c})$  dan  $d(a+\hat{a}) = 0$ . Anda perlu melukiskan pengekod baru itu dan membuat penilaian ringkas sama ada keperluan  $d(c+\hat{c})$  dan  $d(a+\hat{a}) = 0$  dipenuhi.

*Design a new encoder such that when it is used in the circuit in Figure 3 the Hamming distances,  $d(c+\hat{c})$  and  $d(a+\hat{a}) = 0$ . You need to draw the new encoder and briefly evaluate whether it can meet the requirement of  $d(c+\hat{c})$  and  $d(a+\hat{a}) = 0$ .*

(20%)



Rajah 3  
Figure 3

5. (a) Sistem komunikasi yang direka-cipta memerlukan pengamatan di antara kecapaian dan kos.

*Communication system design involves the trade-offs between performance and cost.*

- (i) Senaraikan parameter prestasi yang perlu diambilkira oleh seorang jurutera merekacipta sistem tersebut.

*List the performance parameters that engineers are looking into when designing such a system.*

(5%)

- (ii) Senaraikan parameter kos bilamana jurutera merekacipta sistem tersebut.

*List the cost parameters that engineers are looking into when designing such a system.*

(5%)

- (b) Sebuah sistem komunikasi menghantar satu isyarat  $s(t)$  seperti dalam Rajah 4 di bawah melalui satu saluran.

*A communication system transmits a signal  $s(t)$  as shown in Figure 4 via a channel.*

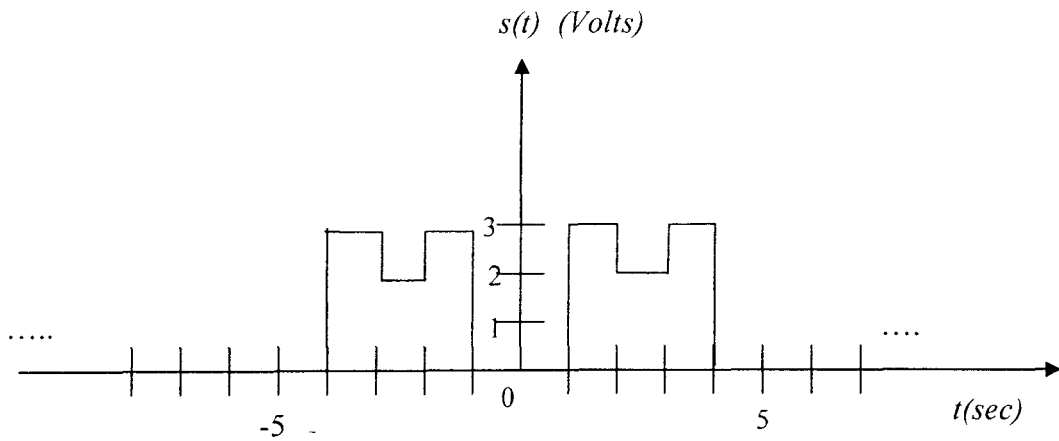


Figure 4: Transmitting signal  $s(t)$

- (i) Tunjukkan isyarat  $s(t)$  boleh ditulis sebagai perwakilan Diri Fourier.

*Show that the signal  $s(t)$  has Fourier Series representation.*

(10%)

- (ii) Dapatkan 5 harmonik pertama untuk  $s(t)$ .

*Find the first 5 harmonic representation of  $s(t)$ .*

(30%)

- (iii) Lakarkan magnitud spektrum sebelah bagi 5 harmonik pertama. [Guna unit untuk frekuensi sebagai rad/sec]

*Draw the single-sided magnitude spectrum of the first 5 harmonic.*

*[Use the unit for frequency as rad/sec]*

(5%)

- (iv) Lakarkan fasa spektrum sebelah untuk 5 harmonik pertama.  
[Guna unit untuk frekuensi sebagai rad/sec]

*Draw the single-sided phase spectrum of the first 5 harmonic.  
[Use the unit for frequency as rad/sec]*

(5%)

- (c) Purata penormalan kuasa spektrum menunjukkan secara grafik bagaimana isyarat mengagihkan kuasa pada seluruh julat frekuensi. Lakarkan Purata penormalan kuasa spektrum untuk isyarat  $s(t)$ .  
[Guna unit untuk frekuensi sebagai rad/sec dan tunjukkan nilai pada setiap komponen].

*The average normalized power spectrum shows graphically how a signal distributes its power through a frequency band. Draw the average normalized power spectrum of the first five harmonic components for the signal  $s(t)$  shown in Figure 1 above. [Use the unit for frequency as rad/sec and indicate the value for each component]*

(20%)

- (d) Sebuah sistem komunikasi seperti dalam Rajah 5 cuba menghantar isyarat seperti Rajah 4 di atas melalui saluran yang berfungsi sebagai penapis laluan rendah yang unggul yang mempunyai frekuensi potong  $f_{cutoff} = 1.2\pi \text{ rad/sec}$ .

*A communication system as shown in Figure 5 attempts to transmit a signal  $s(t)$  as shown in Figure 4 above via a channel that acts as an ideal lowpass filter with cutoff frequency  $f_{cutoff} = 1.2\pi \text{ rad/sec}$ .*

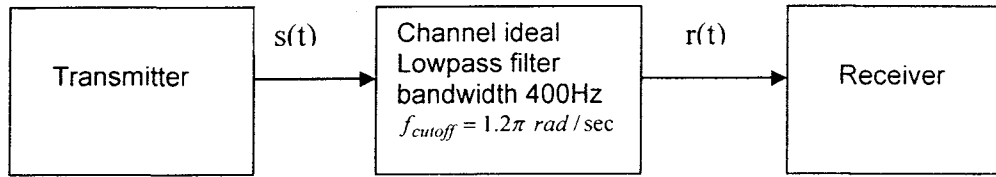


Figure 5: Communication system with ideal lowpass filter

- (i) Berapakah banyak purata penormalan kuasa yang melalui sesalur tersebut.

*How much average normalized power passes through the channel?*

(5%)

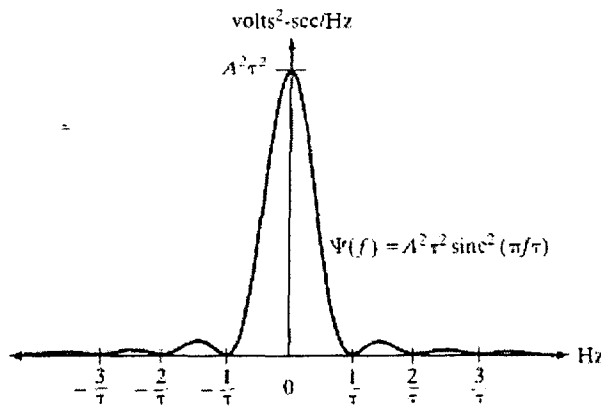
- (ii) Apakah peratusan purata penormalan kuasa untuk isyarat  $s(t)$  yang termasuk dalam julat frekuensi yang dapat melalui saluran tersebut.

*What percentage of the average normalized power of  $s(t)$  lies in the frequency band passed by the channel?*

(15%)

6. (a) Rajah 6 menunjukkan purata penormalan ketumpatan tenaga spektrum oleh satu isyarat segiempat denyut;

*Figure 6 shows the average normalized energy spectral density of a single rectangular pulse signal;*



**Figure 6:** Normalized energy spectral density of a single rectangular pulse.

- (i) Tentukan persamaan untuk purata penormalan ketumpatan kuasa bagi  $n$  isyarat segiempat denyut.

*Determine the expression of the average normalized power spectral density of  $n$  rectangular pulses.*

(5%)

- (ii) Plot purata penormalan ketumpatan kuasa bagi  $n$  isyarat segiempat denyut.

*Plot the average normalized power spectral density of  $n$  rectangular pulses.*

(10%)

- (b) Rajah 7 menunjukkan pembahagian  $n$  isyarat segiempat denyut purata kuasa yang telah dihantar melalui satu julat frekuensi;

*Figure 7 shows the distribution of transmitted  $n$  rectangular pulses signal's average power through the frequency band;*

- (i) Berasaskan Rajah 7, plotkan satu lagi rajah yang menunjukkan parameter kelajuan penghantaran ( $r_b$ ). Anggap penggunaan lebar jalur adalah optima.

*Based on Figure 7 plot another figure indicating the transmission speed( $r_b$ ) parameter. Assume optimum usage of bandwidth.*

(10%)

- (ii) Satu salur julat asas mempunyai lebar jalur 1000 Hz. Kehendak ketepatan adalah 95% daripada isyarat purata kuasa mesti berada dalam jalur lebar sesalur tersebut. Tentukan kelajuan penghantaran maksima sistem itu.

*A baseband channel has a bandwidth of 1000 Hz. Accuracy requirements dictate that 95% of the signal's average power must be within the bandwidth of the channel. Determine the maximum transmission speed of the system.*

(10%)

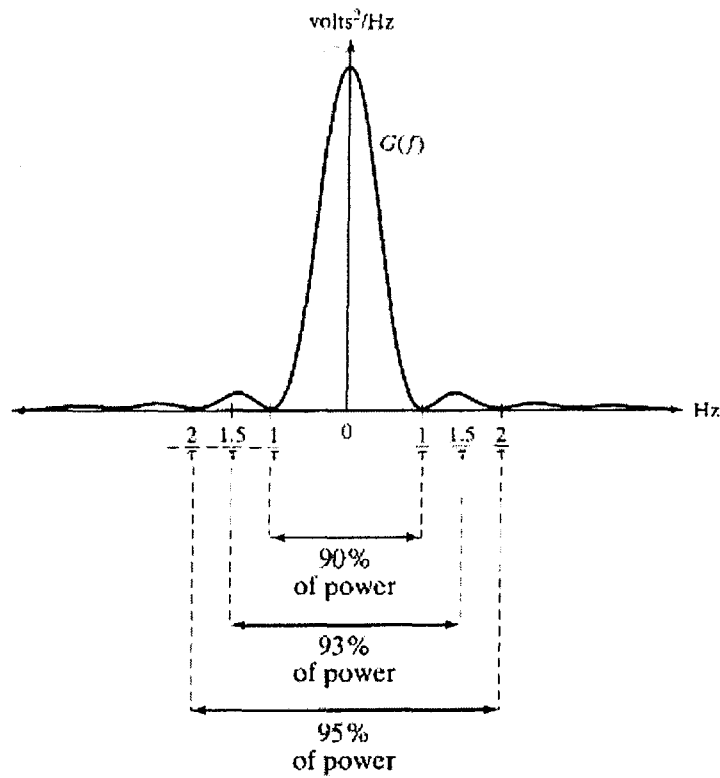
...17/-



- (iii) Apakah yang boleh dilakukan untuk menjadikan kelajuan penghantaran adalah dua kali ganda seperti dan jawapan soalan (ii) di atas? Tunjukkan bagaimana kelajuan dua kali ganda dapat di hasilkan.

*What can be done to double the transmission speed found in (ii) above? Show how doubling the transmission speed is obtained.*

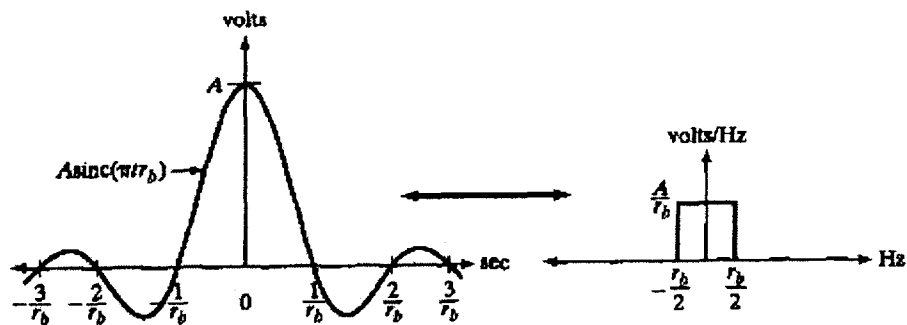
(10%)



**Figure 7:** Distribution of transmitted signal's average power through the frequency band.

- (c) Penghantaran turutan penduaan dengan menggunakan denyut bentuk *sinc* adalah lebih berkesan dari segi penggunaan lebar jalur berbanding dengan menggunakan denyut segiempat. Rajah 8 menunjukkan pasangan pengubanan Fourier untuk satu isyarat.

*Transmitting of binary sequence using the sinc-shaped pulse proved to be more efficient in term of bandwidth usage as compared to the rectangular pulses. Figure 8 show the Fourier transform pair of such signal.*



**Figure 8:** A *sinc-shaped* time domain pulse has a rectangular-shaped magnitude spectrum.

- (i) Satu sistem komunikasi di rekacipta untuk menghantar turutan perduaan "10010" dengan menggunakan denyut bentuk *sinc* dengan amplitud +1 volts dan -1 volts dan mempunyai kelajuan penghantaran sebanyak 50,000 bits/sec.

*Suppose a communication system is design to transmit binary sequence of "10010" using the sinc-shaped pulses of amplitudes +1 volts and -1 volts and having transmission speed (bit rate) of 50,000 bits/sec.*

Plotkan turutan denyut tersebut untuk menunjukkan proses pemudalatan. [Rajah tersebut perlu mengandungi semua isyarat turutan perduaan, isyarat hasilan dan tempoh denyut].

*Plot the pulse sequence to indicate the modulation process. [The plot should include all signals corresponding to the binary sequence, including the resultant signal and the bit period].*

(20%)

- (ii) Andaikan aplikasi memerlukan 100% isyarat purata kuasa yang dihantar berada dalam lebar jalur sebuah ideal salur julat asas. Apakah lebar jalur ideal salur julat asas yang diperlukan oleh sistem itu?

*Suppose the application requires 100% of the transmitted signal's average power to lie within the bandwidth of an ideal baseband channel. What bandwidth of the ideal baseband channel required for this system?*

(5%)

- (iii) Dengan menggunakan lagi DUA plot untuk setiap plot mempunyai satu nilai lebar denyut ( $\tau$ ), tunjukkan lebar denyut optima adalah  $\left(\tau = \frac{2}{r_b}\right)$  yang tidak menghasilkan gangguan antara simbol seperti dalam (i). [Ulangi cara plot dalam 1 di atas].

*Using TWO other plots with each has different value of pulse width ( $\tau$ ), show that the optimum pulse width is  $\left(\tau = \frac{2}{r_b}\right)$  that produce no inter symbol Interference (ISI) as shown in (i). [Hint: Repeat the technique of plotting in 1 above].*

(20%)

- (iv) Lakarkan isyarat yang diterima dan tunjukkan bagaimana penerima menghasilkan digit maklumat untuk pengguna.

*Draw the received signal and indicate how the receiver extracts the digital information for the user.*

(10%)

**1. Fourier Series (Trigonometric form)**

$$S(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(2\pi n f_0 t) + b_n \sin(2\pi n f_0 t))$$

where

$$f_0 = \frac{1}{T}$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt$$

**2. Fourier Series (One-sided form)**

$$S(t) = X_0 + \sum_{n=1}^{\infty} X_n \cos(2\pi n f_0 t + \phi_n)$$

where;

$$X_0 = a_0; \quad X_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \phi_n = \tan^{-1} \left( \frac{-b_n}{a_n} \right)$$

**3. Fourier Series (Double-sided form)**

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{j2\pi n f_0 t}$$

$$\text{where } c_n = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s(t) e^{-j2\pi n f_0 t} dt$$

**4. Conversion between 2-sided to 1-sides Fourier Series**

For  $n > 0$ ;

$$c_n = \frac{1}{2}(a_n - jb_n) \quad \text{and} \quad c_{-n} = \frac{1}{2}(a_n + jb_n) \quad \text{or} \quad c_{-n} = c_n^*$$

$$|c_n| = |c_{-n}| = \frac{X_n}{2}$$

$$\angle c_n = \phi_n \quad \text{or} \quad \angle c_{-n} = -\phi_n$$

For  $n = 0$ ;

$$c_0 = a_0 = X_0$$

**5. Fourier Transform and Inverse Fourier Transform**

$$s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{j2\pi f t} df$$

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

**6. Parseval's Power Theorem**

$$P_s = \underbrace{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s^2(t) dt}_{\text{time domain}} = \underbrace{X_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{X_n^2}{2}}_{\text{frequency domain}}$$

**7. Parseval's Energy Theorem**

$$E_s = \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} s^2(t) dt}_{\text{time domain}} = \underbrace{\int_{-\infty}^{\infty} |S(f)|^2 df}_{\text{frequency domain}}$$