
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2011/2012

Jun 2012

EEE 377 – PERHUBUNGAN DIGIT

Masa : 3 Jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM BELAS muka surat beserta Lampiran TIGA muka surat 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.

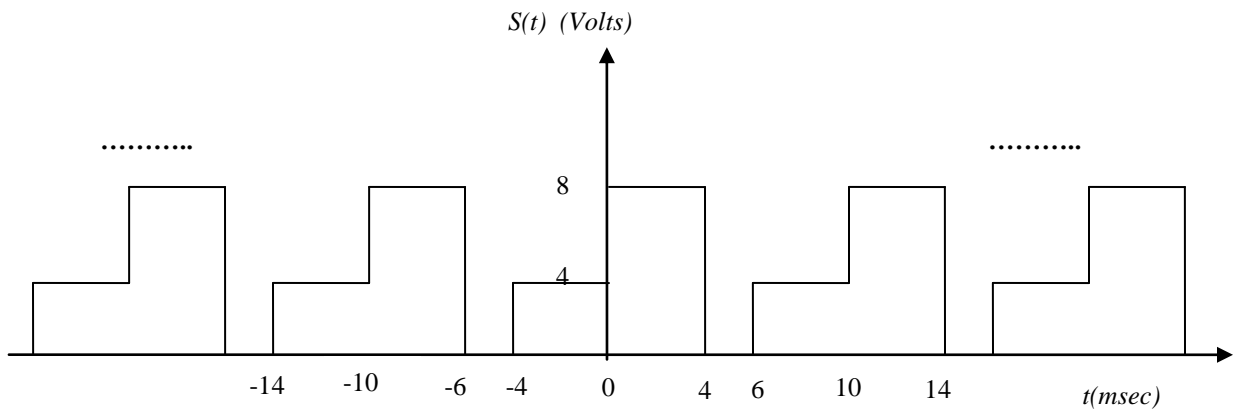
Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

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

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

1. (a) Diberikan satu isyarat berkala $s(t)$ dalam Rajah 1.
Given the periodic signal $s(t)$ in the Figure 1 .



Rajah 1 : Isyarat berkala
Figure 1: Periodic signal

- (i) Carikan siri Fourier dalam bentuk trigonometri bagi $s(t)$ untuk .

Find the Fourier series trigonometric form of representation $s(t)$ for .

(30 markah/marks)

- (ii) Carikan siri Fourier dalam bentuk dua-bahagian bagi $s(t)$ untuk .

Find the Fourier series in two-sided form of $s(t)$ for .

(30 markah/marks)

- (b) Jadual 1 menunjukkan perwakilan data bagi siri Fourier untuk isyarat $s(t)$.
Table 1 shows the data of a Fourier series representation of the signal $s(t)$.

Rajah 1: Data siri Fourier
Table 1: Fourier series data

n	c_n (volts)	
-10	0	0
-9	-0.062	180
-8	-0.114	180
-7	-0.130	180
-6	-0.094	180
-5	0	0
-4	0.140	0
-3	0.303	0
-2	0.454	0
-1	0.561	0
0	0.6	0
1	0.561	0
2	0.454	0
3	0.303	0
4	0.140	0
5	0	0
6	-0.094	180
7	-0.130	180
8	-0.114	180
9	-0.062	180
10	0	0

- (i) Lukiskan amplitud spektra untuk Fourier siri ini.
Draw the amplitude spectrum for this Fourier series.

(10 markah/marks)

...4/-

- (ii) Cari persamaan untuk $s(t)$ untuk komponen harmonik dalam Jadual 1.

Find the expression for $s(t)$ for of the harmonic components given in Table 1.

(10 markah/marks)

- (iii) Lakarkan isyarat $s(t)$ dalam domain masa.

Draw the signal $s(t)$ in time domain.

(20 markah/marks)

2. (a) Turutan bit siri 1 0 1 1 0 1 akan dihantar menggunakan pemodulatan Binari Amplitud Denyut (PAM) teknik di mana binari "1" diwakili oleh +A volt dan binari "0" diwakili oleh -A volt. Kadar bit adalah 100,000 bit/sec dan lebar jalur saluran dasar adalah 100 kHz. Anggap tidak ada kesan dari hingar;

A series of bit sequence 1 0 1 1 0 1 is going to be transmitted using binary Pulse Amplitude Modulation (PAM) technique where binary "1" is represented by +A volt and binary "0" by -A volt. The bit rate is 100,000 bit/sec and the bandwidth of baseband channel is 100 kHz. Assume there is no effect from noise;

- (i) Reka bentuk sistem penghantaran menggunakan denyut segiempat dengan ketepatan 90% (rujuk pada lampiran). [Bantuan: Cari lebar denyut yang sesuai dan lakarkan isyarat yang dimodulatkan untuk penghantaran dalam domain masa].

Design the transmission system using rectangular pulse with 90% accuracy (refer to appendix). [Hint: Find the appropriate width of the pulse and draw the modulated rectangular signal for transmission in time domain].

(30 markah/marks)

- (ii) Jelaskan bagaimana penerima untuk sistem penghantaran data ini mengenal (membentuk) jujukan binari. Lakarkan isyarat yang diterima untuk menerangkan proses pengesanan.

Explain how the receiver for data transmission system detects (reconstructs) the original binary sequence. Draw the corresponding received signal in time domain for explaining the detection process.

(20 markah/marks)

- (b) Rekabentuk sistem penghantaran menggunakan denyut bentuk-sinc. Turutan data siri binari 1 0 1 1 0 1 akan dihantar menggunakan pemodulatan Binari Denyut Amplitud (PAM) di mana binari "1" diwakili oleh denyut sinc +ve dan binari "0" diwakili oleh denyut sinc-ve dengan puncak adalah volts. Lebar jalur saluran dasar adalah 100 kHz.

Design the transmission system using sinc-shape pulse . A series of bit sequence 1 0 1 1 0 1 is going to be transmitted using binary Pulse Amplitude Modulation (PAM) technique where binary "1" is represented by +ve sinc pulse and binary "0" by -ve sinc pulse with peak is volts. The bandwidth of baseband channel is 100 kHz.

- (i) Cari lebar optima denyut yang tidak menghasilkan ISI dengan ketepatan 100%. Lakarkan isyarat yang dimodulatkan untuk penghantaran dalam domain masa.

Find the optimal width of the pulse that causes no ISI with 100% accuracy. Draw the modulated rectangular signal for transmission in time domain.

(30 markah/marks)

- (ii) Sekiranya sistem transmisi ini menggunakan denyut bentuk sinc dicipta dengan 90% ketepatan dan lebar jalur saluran masih 100 kHz. Cari kadar bit yang baru.

If the the transmission system using sinc-shape pulse is designed for 90% accuracy and the channel bandwidth remains of 100 kHz. Find the new bit rate.

(10 markah/marks)

- (iii) Bincangkan kelebihan dan kekurangan denyut bentuk sinc berbanding denyut bentuk segiempat untuk penghantaran data jalur dasar.

Discuss the advantages and disadvantages of sinc-shape over the rectangular shape for baseband data transmission.

(10 markah/marks)

3. (a) Sebuah saluran lulus jalur dengan julat frekuensi . Andaikan sebuah sistem komunikasi memerlukan penggunaan binari ASK dengan frekuensi pembawa 150 kHz dengan kadar bit 50,000 bits/sec. Penghantaran data untuk aplikasi yang memerlukan 95% kuasa dalam jalur.

A bandpass channel passes frequencies in the range of

. Suppose the communication system requires to use binary ASK with a carrier frequency of 150kHz with transmission bit rate of 50,000 bits/sec. The transmission data for an application that requires 95% in-band power.

- (i) Lakarkan ketumpatan spektra kuasa purata ternormal untuk pemancaran isyarat tipikal.

Draw the average normalized power spectral density of a typical transmitted signal.

(20 markah/marks)

- (ii) Berapakah lebar jalur yang diperlukan jika sekurang-kurangnya 95% kuasa isyarat dimestikan dalam jalur?

How much bandwidth is required if at least 95% of the signal's power must be in-band?

(10 markah/marks)

- (iii) Adakah isyarat memuaskan rekabentuk untuk saluran?

Is the signal satisfactorily designed for the channel?

(10 markah/marks)

- (b) Sebuah sistem PSK menghantar 25,000 bits/sec dengan menggunakan isyarat yang mempunyai amplitud 0.1 volt. Bila isyarat itu tiba di penerima, voltannya hanyalah 30% dari yang dihantar. Hingar masukan penerima itu adalah (additive white Gaussian noise) dan purata ketumpatan spektra kuasa ternormal adalah 1.6×10^{-9} volts²/Hz. Anggapkan penerima itu adalah disegerakkan dengan sempurna, tentukan ketepatan sistem itu.

A PSK system transmit 25,000 bits/sec using signal with a peak amplitude of 0.1 volt. By the time the signal arrives at the receiver, its voltage is only 30% of the transmitted voltage. The noise at the input to the correlation receiver is additive white Gaussian noise with an average normalized power spectral density of 1.6×10^{-9} volts²/Hz. Assuming that the receiver is perfectly synchronized, determine the accuracy of the system.

(20 markah/marks)

- (c) Untuk sistem di bahagian 3(c), cari kuasa purata ternormal minima untuk isyarat dihantar yang akan menghasilkan purata ketepatan satu kesalahan atau kurang per 1,000,000 bits dihantar.

For the system in part 3(c), determine the minimum average normalized power for the transmitted signal that will provide an average accuracy of one error or less per 1,000,000 bits transmitted.

(40 markah/marks)

4. (a) Apakah kepentingan pemadatan data dalam komunikasi digital?

What is the importance of data compaction in digital communication?

(10 markah/marks)

- (b) Satu sumber isyarat mempunyai tiga simbol dengan kebarangkalian masing-masing diberikan dalam Jadual 2 di bawah:

A signal source consists of three symbols with their corresponding probabilities of occurrence given in Table 2 below:

Jadual 2
Table 2

Symbol	s_0	s_1	s_2
Probability	0.15	0.15	0.7

- (i) Hasilkan kod Huffman untuk sumber tersebut.

Produce the Huffman codes for the source.

(30 markah/marks)

- (ii) Kira purata panjang kata-kod.

Calculate its average code-word length.

(10 markah/marks)

- (iii) Kira kecekapan kod Huffman untuk sumber tersebut.

Calculate the efficiency of the Huffman code for this source.

(10 markah/marks)

- (c) Rekabentuk satu pengkod supaya kecekapan kod untuk sumber tersebut dapat ditingkatkan.

Design a coding method so that the coding efficiency of the above source can be increased.

(25 markah/marks)

- (d) Beri penilaian terhadap kebolehan kod yang anda rekabentuk dalam jawapan 4(c) bagi mengurangkan penggunaan bit untuk mewakili simbol-simbol di atas.

Evaluate the ability of the code you designed in your answer to 4(c) in reducing the number of bits used for representing the above symbols.

(15 markah/marks)

5. Jadual 3 di bawah memberikan parameter-parameter untuk kod-kod blok terpilih.
Table 3 below gives the parameters for some selected block codes.

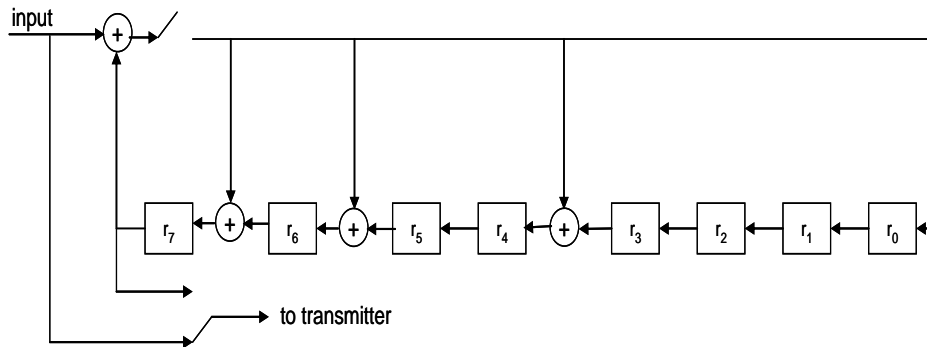
Jadual 3
 Table 3

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	1000111110101111
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 markah/marks)

- (b) Aliran bit mesej 1001011000111000110110010111 digunakan untuk menguji litar pengkod blok yang diberikan di Rajah 2.

A message bit stream of 1001011000111000110110010111 is used to test the block encoder circuit given in Figure 2.



Rajah 2
 Figure 2

- (i) Aliran bit mesej dibahagikan kepada beberapa blok 4-bit yang dimasukkan blok demi blok pada input pengkod. Jadualkan kandungan daftar penganjak r_0 pada r_7 apabila 4-bits blok pesanan yang pertama dipindahkan ke dalam daftar-daftar tersebut sehingga bit pariti dihasilkan. Nyatakan kata kod yang dihasilkan.

The message bitstream is divided into blocks of 4 bits which are applied 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.

(40 markah/marks)

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

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

(20 markah/marks)

- (c) Cadangkan penyelesaian kepada masalah ketidaksepadanan di 5(b)(ii) dan lakukan penilaian ke atas penyelesaian yang anda cadangkan itu.

Propose a solution to the mismatch problem in 5(b)(ii) and evaluate the effectiveness of your proposed solution.

(20 markah/marks)

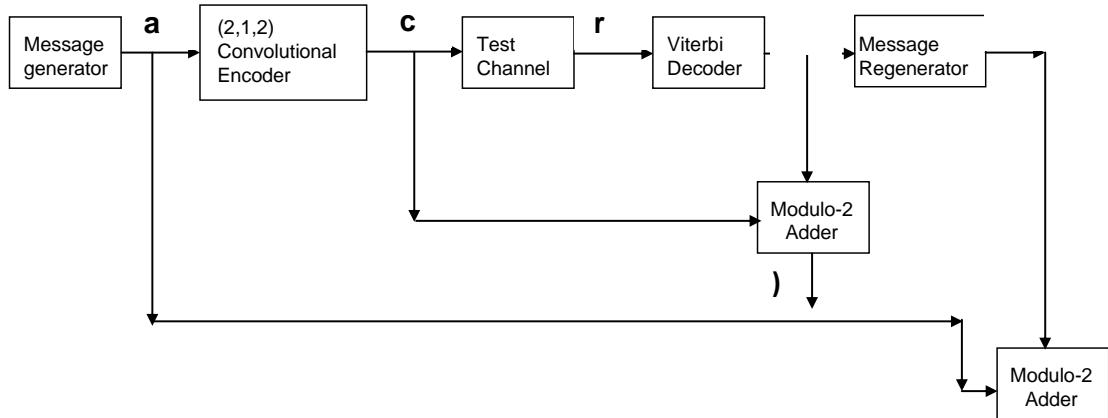
6. (a) Lukiskan satu pengekod konvolusi (2,1,2) dengan tindakbalas dedenyut (111) dan (101). Terbitkan polinomial penghasil, $g^1(D)$ dan $g^2(D)$.

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 markah/marks)

- (b) Pengekod konvolusi (2,1,2) dalam 6(a) digunakan dalam litar seperti ditunjukkan di Rajah 3 di bawah:

The (2,1,2) convolutional encoder in 6(a) is used in the circuit as shown in Figure 3 below:



Rajah 3
Figure 3

Satu aliran bit mesej, \mathbf{a} dikodkan oleh pengekod (2,1,2) untuk menghasilkan kata-kod, \mathbf{c} . Kata-kod tersebut dihantar melalui saluran ujian dan keluaran saluran adalah kata-kod yang diterima, \mathbf{r} yang kemudiannya dimasukkan ke penyahkod Viterbi untuk menghasilkan kata-kod jangkaan, $\hat{\mathbf{c}}$. Satu penghasil semula pesanan menggunakan kata-kod jangkaan, $\hat{\mathbf{c}}$ untuk menghasilkan pesanan jangkaan, $\hat{\mathbf{a}}$. Dua penambah modulo-2 melakukan operasi elemen demi elemen antara \mathbf{c} dan $\hat{\mathbf{c}}$ dan antara \mathbf{a} dan $\hat{\mathbf{a}}$ untuk menghasilkan jarak-jarak Hamming, $\mathbf{d}(\mathbf{c}+\hat{\mathbf{c}})$ dan $\mathbf{d}(\mathbf{a}+\hat{\mathbf{a}})$.

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

- (i) Dengan menggunakan penjana polinomial yang diterbitkan di 6(a), dapatkan kata-kod, \mathbf{c} apabila pesanan $\mathbf{a}=100100$.

Using the generator polynomials derived in 6(a), determine the codeword, \mathbf{c} when the message $\mathbf{a}=100100$.

(30 markah/marks)

- (ii) Kata-kod 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 4 di bawah. Untuk tujuan analisa, kesemua laluan yang tidak selamat dikekalkan dalam rajah. Analisa keputusan tersebut dan tunjukkan bahawa jarak-jarak Hamming, $d(c+\hat{c})$ dan $d(a+\check{a}) \neq 0$. Berikan penyebab kepada $d(c+\hat{c})$ dan $d(a+\check{a})$ dan temukan punca penyebabnya.

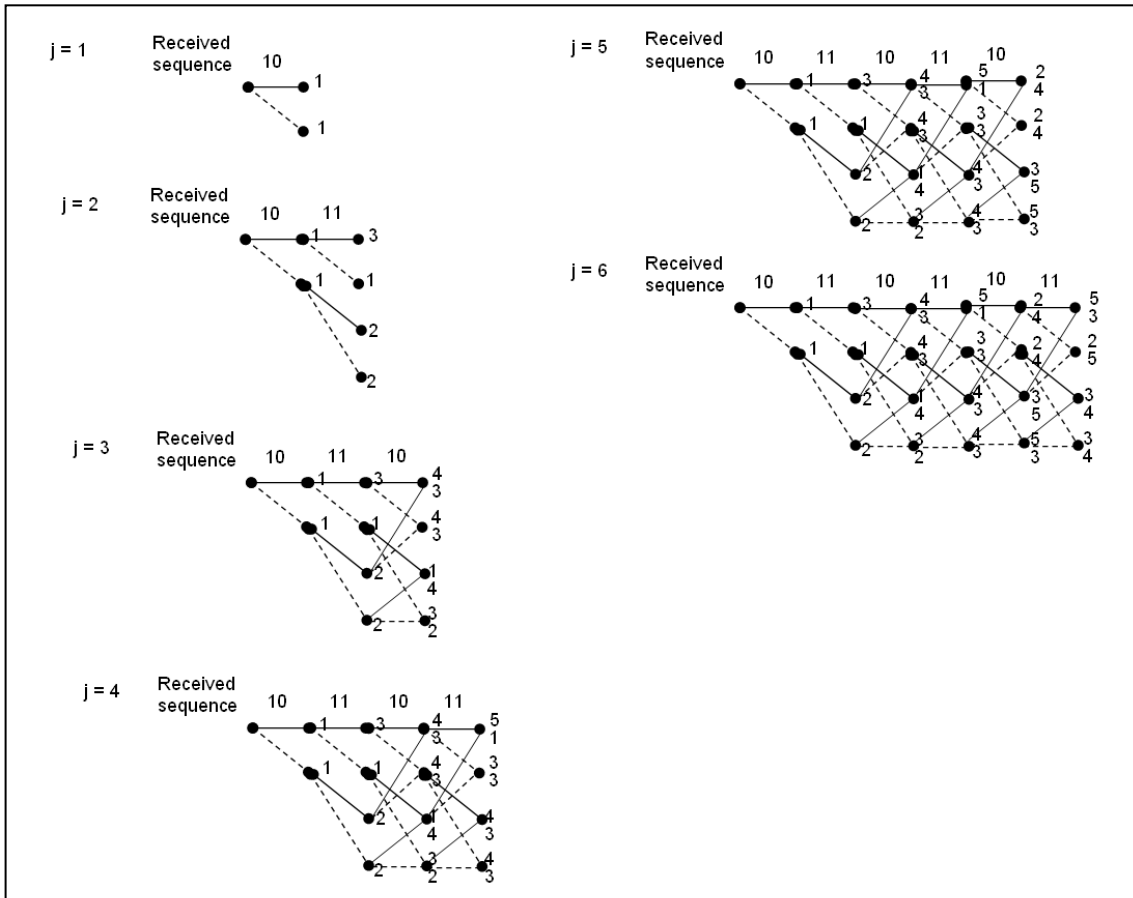
The received codeword $r=101110111011$ corresponding to the message $a=100100$ is applied to the Viterbi decoder. The progressive results of the decoding steps until the sixth iteration ($j=6$) is given in Figure 4 below. For the purpose of analysis, all the non-surviving paths have been retained in the diagrams. Analyse the progressive results and show that the Hamming distances, $d(c+\hat{c})$ and $d(a+\check{a}) \neq 0$. Give possible reasons for $d(c+\hat{c})$ and $d(a+\check{a}) \neq 0$ and find out the root cause.

(20 markah/marks)

- (c) Rekabentuk satu pengekod yang baru yang mana apabila ia digunakan dalam litar di Rajah 4, jarak-jarak Hamming $d(c+\hat{c})$ dan $d(a+\check{a}) = 0$. Anda perlu melukiskan pengekod baru itu dan membuat penilaian ringkas samada keperluan $d(c+\hat{c})$ dan $d(a+\check{a}) = 0$ dipenuhi.

Design a new encoder such that when it is used in the circuit in Figure 4, the Hamming distances, $d(c+\hat{c})$ and $d(a+\check{a}) = 0$. You need to draw the new encoder and briefly evaluate whether it can meet the requirement of $d(c+\hat{c})$ and $d(a+\check{a}) = 0$.

(20 markah/marks)



Rajah 4
Figure 4

ooooOoooo

APPENDIX 1

1. Fourier Series

a. Trigonometric form

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

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

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

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

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

b. One-sided form

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

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

c. Complex exponential (two-sided) form

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

2. Relationship:

a. Double-sided vs trigonometric form

$$n=0: \quad c_0 = a_0$$

$$n>0: \quad c_n = \frac{1}{2} (a_n - jb_n) \quad \text{and} \quad c_{-n} = \frac{1}{2} (a_n + jb_n)$$

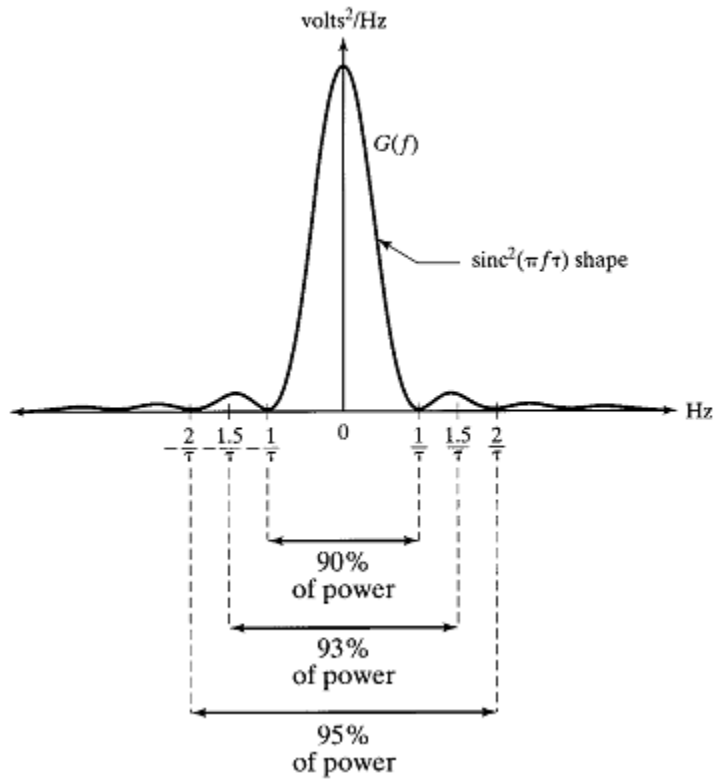
b. Double-sided vs one-sided

$$\text{For } n=0; \quad c_0 = X_0$$

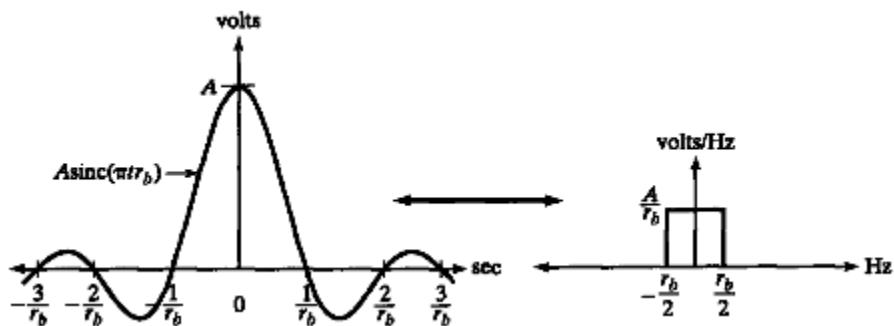
$$\text{For } n>0; \quad |c_n| = |c_{-n}| = \frac{X_n}{2} \quad \begin{array}{l} \angle c_n = \phi_n \\ \angle c_{-n} = -\phi_n \end{array}$$

APPENDIX 2

3. Average normalized power spectral density for rectangular pulse



4. Sinc-rectangular transform pair



APPENDIX 3

5. The Q Function (Gaussian Distribution)

The Q Function (Gaussian Distribution with $\mu = 0$ and $\sigma = 1$)

$$Q(a) = \int_a^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

$$Q(a) \cong \frac{1}{a\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{a^2}{2}} \text{ for } a \geq 3$$

a	Third Significant Digit									
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2207	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1094	0.1075	0.1057	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0014	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002

Q(a)	a
10 ⁻⁴	3.73
5 × 10 ⁻⁵	3.90
10 ⁻⁵	4.27
5 × 10 ⁻⁶	4.43

Q(a)	a
10 ⁻⁶	4.76
10 ⁻⁷	5.20
10 ⁻⁸	5.61
10 ⁻⁹	6.00