



KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI TUN HUSSEIN ONN

PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER II SESI 2004/05

NAMA MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN : BTE 3243

KURSUS : 3BKL

TARIKH PEPERIKSAAN : MAC 2005

JANGKA MASA : 3 JAM

ARAHAN : JAWAB **LIMA (5)** SOALAN
SAHAJA DARIPADA ENAM
(6) SOALAN

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 15 MUKA SURAT

SOALAN DALAM BAHASA MELAYU

- S1 (a) Lakarkan gambarajah blok untuk:
- (i) sistem kawalan diskret masa gelung terbuka. (4 markah)
- (ii) sistem kawalan diskret masa gelung tertutup. (4 markah)
- (b) Nyatakan 4 (empat) kelebihan sistem kawalan diskret masa terhadap sistem kawalan berterusan masa. (4 markah)
- (c) Nyatakan dan berikan contoh 3 (tiga) perwakilan yang mungkin dari sistem diskret masa. (4 markah)
- (d) Berikan dan terangkan 2 (dua) contoh penggunaan sistem kawalan diskret masa. (4 markah)
- S2 (a) Dapatkan rangkap pindah denyut $Y(z)/X(z)$ untuk setiap sistem pada Rajah S2 (a). (12 markah)
- (b) Tentukan rangkap pindah denyut $G(z)$ dari sistem pada Rajah S2(b) apabila rangkap pindah dari tahan tertib sifar dan proses masing-masing adalah
- $$G_0(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \text{ dan } G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)}. \text{ Anggap } T = 1.$$
- (4 markah)
- (c) Hitung sambutan sistem pada soalan S2 (b) untuk masukan dedenyut unit untuk 4 (empat) sampel pertama. (4 markah)
- S3 (a) Dapatkan perwakilan keadaan ruang dari:
- (i) $D(z) = \frac{10}{z+10}$ (5 markah)

(ii) $D(z) = \frac{2}{z^2 + 3z + 2}$ (5 markah)

(iii) $D(z) = \frac{z + 1}{z^2 + z + 0.16}$ (5 markah)

(b) Tentukan jidar gandaan dan jidar fasa dari plot kutub pada Rajah S3 (b). (2 markah)

(c) Tentukan jidar gandaan, jidar fasa, frekuensi lintasan gandaan, dan frekuensi lintasan fasa dari plot Bode pada Rajah S3 (c). (3 markah)

S4 Satu kawalan kelajuan untuk kereta lumba mempunyai suapbalik unit dengan rangkap pindah loji

$$G(s) = \frac{1}{1200s + 100}$$

Rekabentuk sistem kawalan pelancar PI digit menggunakan pendekatan perlagakan sehingga kereta itu dapat mencapai 100 km/j dari 0 km/j dalam 4 saat dengan lajukan kurang dari 10%.

(a) (i) Plot tatarajah blok dari sistem. (4 markah)

(ii) Dapatkan rangkap pindah gelung tertutup yang dikehendaki. (4 markah)

(iii) Dapatkan rangkap pindah gelung tertutup sebenar. (4 markah)

(iv) Hitung parameter pengawal PI berterusan masa. (4 markah)

(d) Diskretkan kawalan PI berterusan masa menggunakan kaedah penukaran dwilelurus. Ambil kala sampel $T = 0.1$ saat. (4 markah)

- S5 Sebuah kereta kecil mempunyai kawalan kelajuan dengan suapbalik unit. Rangkap pindah lojinya adalah

$$G(s) = \frac{1}{800s + 60}$$

Rekabentuk sistem kawalan lancar PI digit menggunakan teknik penempatan kutub sehingga kereta itu dapat mencapai 100 km/j dari 0 km/j dalam 14 saat dengan lajukan kurang dari 8%. Anggap kala sampelan $T = 0.6$ saat.

- (a) Diskretkan loji. (4 markah)
- (b) Plot tatarajah blok. (4 markah)
- (c) Dapatkan rangkap pindah gelung tertutup sebenar. (4 markah)
- (d) Dapatkan rangkap pindah gelung tertutup yang dikehendaki menggunakan Rajah S5(d). (4 markah)
- (e) Hitung parameter pengawal PI diskrit masa. (4 markah)

- S6 Sebuah motor elektrik dapat dimodelkan dengan kala sampelan $T = 0.1$ s sebagai berikut:

$$G(z) = \frac{0.5z + 0.5}{(z - 0.5)(z - 0.9)}$$

Rekabentuk sistem kawalan digital dengan pemampas mendulu sehingga keluaran sistem yang dihasilkan terhadap masukan langkah mempunyai masa penganapan kurang dari 1 saat dengan lajukan kurang dari 20% dan ralat keadaan mantap kurang dari 12.5%.

- (a) Tukarkan rangkap pindah ke dalam satah w . (4 markah)
- (b) Dapatkan tentuan domain frekuensi menggunakan Rajah S6 (b). (3 markah)
- (c) Tentukan gandaan statik. (3 markah)

- (d) Tentukan fasa mendulu yang diperlukan menggunakan Rajah S6 (d). (3 markah)
- (e) Dapatkan pemampas mendulu di dalam domain w . (4 markah)
- (f) Tukarkan pemampas mendulu ke dalam domain z . (3 markah)

SOALAN DALAM BAHASA INGGERIS

- Q1**
- (a) Sketch the block diagram of:
- (i) an open loop discrete-time control system. (4 marks)
- (ii) a closed loop discrete-time control system. (4 marks)
- (b) State 4 (four) advantages of discrete-time control systems over continuous-time control system. (4 marks)
- (c) State and give example for 3 (three) possible representation of a discrete-time system. (4 marks)
- (d) Give and explain 2 (two) examples of the applications of discrete-time control system. (4 marks)
- Q2**
- (a) Obtain the pulse transfer function $Y(z)/X(z)$ for each of the systems in Figure Q2 (a). (12 marks)
- (b) Determine the pulse transfer function $G(z)$ of the system in Figure Q2 (b) provided that the transfer function of the zero order hold and the process are
- $$G_0(s) = \frac{1 - e^{-sT}}{s} \text{ and } G_p(s) = \frac{1}{s(s+1)} \text{ respectively. Assume that } T = 1. (4 \text{ marks})$$
- (c) Calculate the response of the system in question Q2 (b) for a unit impulse input for the first 4 (four) samples. (4 marks)

Q3 (a) Obtain the state space representation of:

(i) $D(z) = \frac{10}{z+10}$ (5 marks)

(ii) $D(z) = \frac{2}{z^2 + 3z + 2}$ (5 marks)

(iii) $D(z) = \frac{z+1}{z^2 + z + 0.16}$ (5 marks)

(b) Determine the gain margin and phase margin from the polar plot in Figure Q3 (b). (2 marks)

(c) Determine the gain margin, phase margin, gain crossover frequency, and phase crossover frequency from the Bode plot in Figure Q3 (c). (3 marks)

Q4 A speed control for a sport car has unity feedback with a plant transfer function

$$G(s) = \frac{1}{1200s + 100}$$

Design a digital PI launch control system using emulation approach such that the car can reach 100 km/h from 0 km/h in 4 seconds with an overshoot less 10%.

(a) (i) Plot the block diagram of the system. (4 marks)

(ii) Obtain the desired closed loop transfer function. (4 marks)

(iii) Obtain the actual closed loop transfer function. (4 marks)

(iv) Calculate the parameters of the continuous-time PI controller. (4 marks)

(b) Discretize the continuous-time PI controller using bilinear transformation method. Take sampling period $T = 0.1$ second. (4 marks)

Q5 A small car has a speed control with unity feedback. The transfer function of the plant is

$$G(s) = \frac{1}{800s + 60}$$

Design a digital PI launch control system using pole placement technique such that the car can reach 100 km/h from 0 km/h in 14 seconds with an overshoot less 8%. Assume the sampling period $T = 0.6$ second.

- (a) Discretize the plant. (4 marks)
- (b) Plot the block diagram. (4 marks)
- (c) Obtain the actual closed loop transfer function. (4 marks)
- (d) Obtain the desired closed loop transfer function using Figure Q5 (d). (4 marks)
- (e) Calculate the parameters of the discrete-time PI controller. (4 marks)

Q6 An electric motor can be modeled with a sampling period $T = 0.1$ s as follows:

$$G(z) = \frac{0.5z + 0.5}{(z - 0.5)(z - 0.9)}$$

Design a digital control system with a lead compensator such that the output of the resulting system to a step input has a settling time less than 1s with an overshoot less 20% and steady state error less than 12.5%.

- (a) Convert the transfer function to the w-plane. (4 marks)
- (b) Obtain the frequency domain specification using Figure Q6 (b). (3 marks)
- (c) Determine the static gain. (3 marks)

- (d) Determine the needed phase lead using Figure Q5 (d). (3 marks)
- (e) Obtain the lead compensator in w -domain. (4 marks)
- (f) Transform the lead compensator to the z -domain. (3 marks)

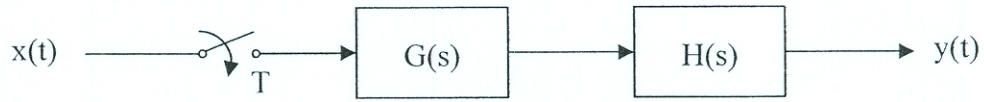
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

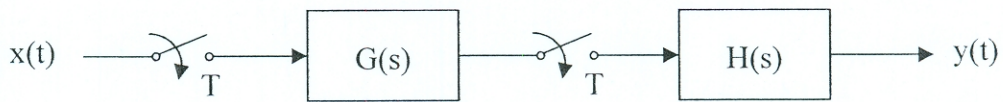
KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

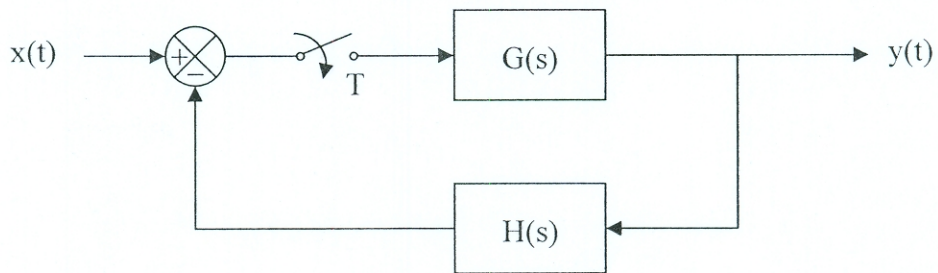
KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243



(i)

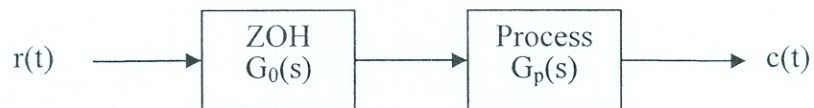


(ii)



(iii)

Rajah S2 (a) / Figure Q2 (a)



Rajah S2 (b) / Figure Q2 (b)

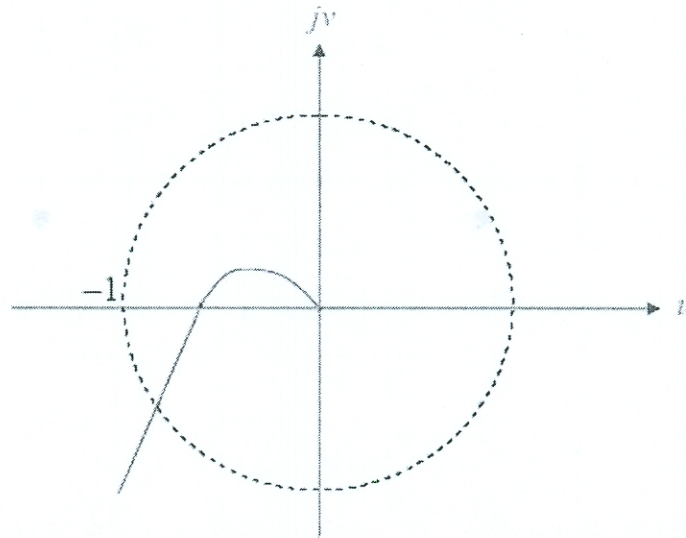
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

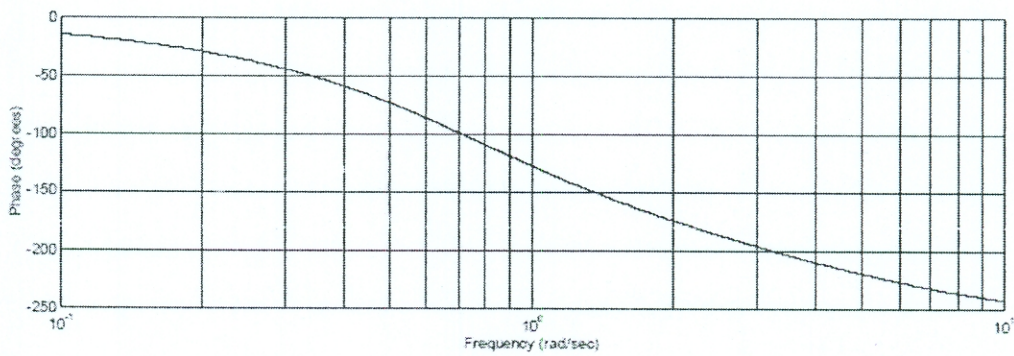
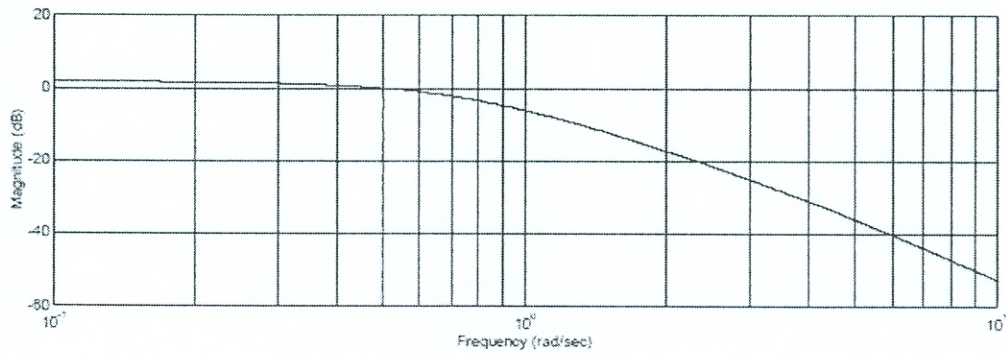
KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243



Rajah S3 (b) / Figure Q3 (b)



Rajah S3 (c) / Figure Q3 (c)

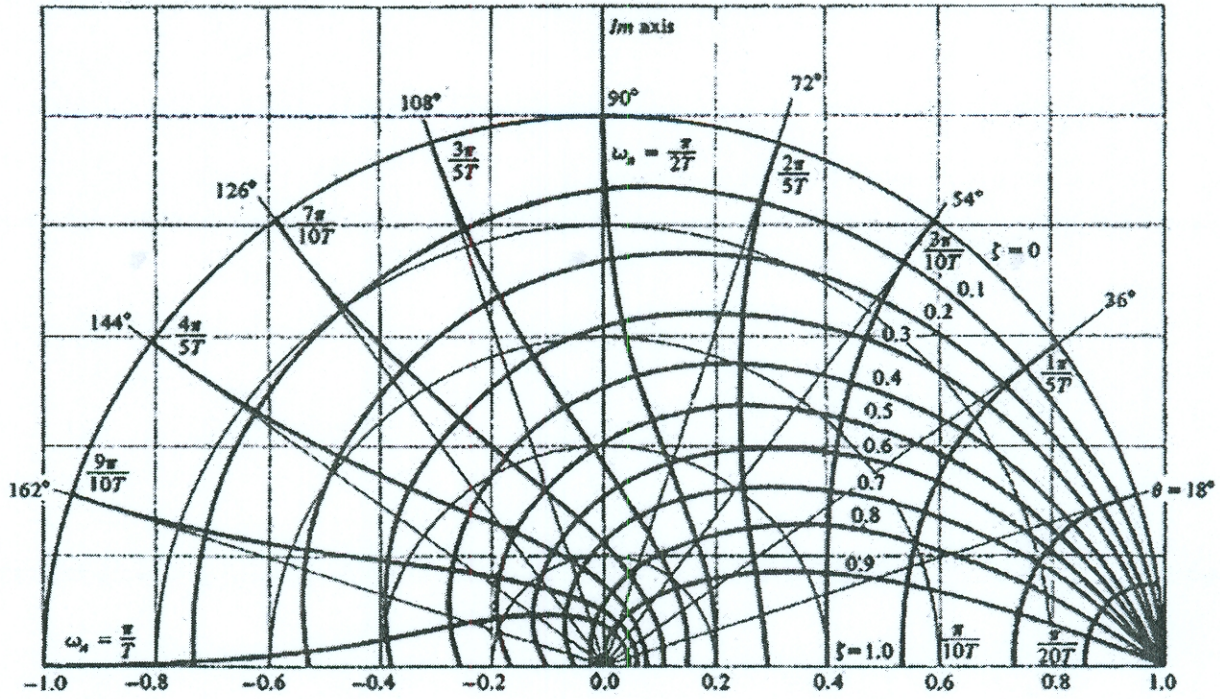
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

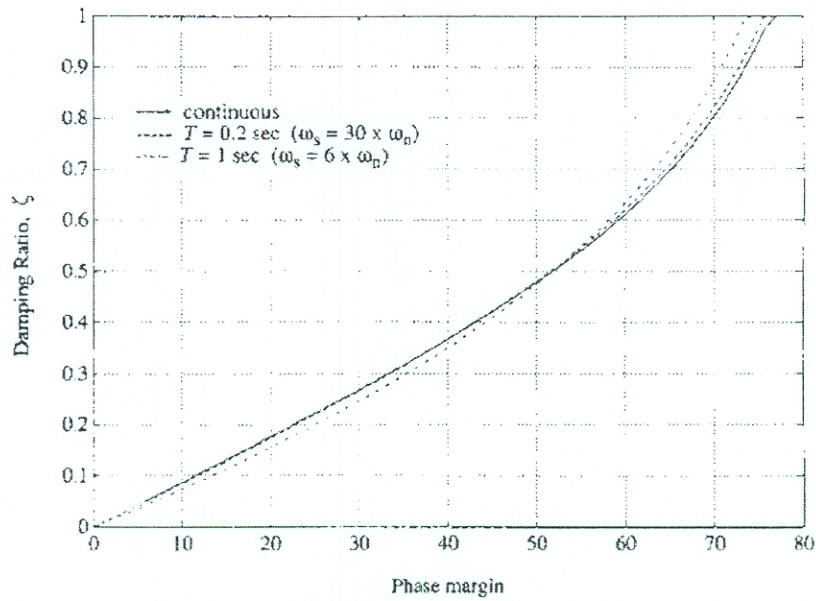
KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243



Rajah S5 (d) / Figure Q5 (d)



Damping ratio of a second-order system versus phase margin

Rajah S6 (b) / Figure Q6 (b)

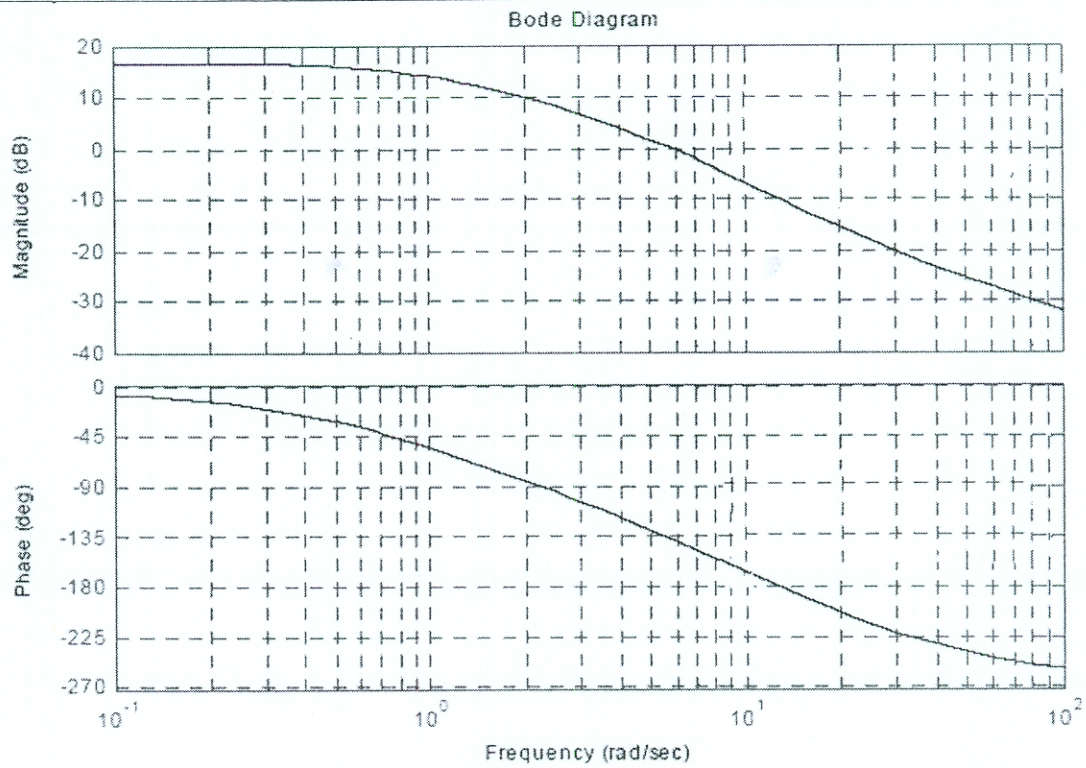
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243



Rajah S6 (d) / Figure Q6 (d)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243

Jadual I/ Table I: z-Transform

	$X(s)$	$x(t)$	$x(kT)$ or $x(k)$	$X(z)$
1.	—	—	Kronecker delta $\delta_0(k)$ 1 $k = 0$ 0 $k \neq 0$	1
2.	—	—	$\delta_0(n - k)$ 1 $n = k$ 0 $n \neq k$	z^{-k}
3.	$\frac{1}{s}$	$1(t)$	$1(k)$	$\frac{1}{1 - z^{-1}}$
4.	$\frac{1}{s + a}$	e^{-at}	e^{-akT}	$\frac{1}{1 - e^{-aT}z^{-1}}$
5.	$\frac{1}{s^2}$	t	kT	$\frac{Tz^{-1}}{(1 - z^{-1})^2}$
6.	$\frac{2}{s^3}$	t^2	$(kT)^2$	$\frac{T^2z^{-1}(1 + z^{-1})}{(1 - z^{-1})^3}$
7.	$\frac{6}{s^4}$	t^3	$(kT)^3$	$\frac{T^3z^{-1}(1 + 4z^{-1} + z^{-2})}{(1 - z^{-1})^4}$
8.	$\frac{a}{s(s + a)}$	$1 - e^{-at}$	$1 - e^{-akT}$	$\frac{(1 - e^{-aT})z^{-1}}{(1 - z^{-1})(1 - e^{-aT}z^{-1})}$
9.	$\frac{b - a}{(s + a)(s + b)}$	$e^{-at} - e^{-bt}$	$e^{-akT} - e^{-bkT}$	$\frac{(e^{-aT} - e^{-bT})z^{-1}}{(1 - e^{-aT}z^{-1})(1 - e^{-bT}z^{-1})}$
10.	$\frac{1}{(s + a)^2}$	te^{-at}	kTe^{-akT}	$\frac{Te^{-aT}z^{-1}}{(1 - e^{-aT}z^{-1})^2}$
11.	$\frac{s}{(s + a)^2}$	$(1 - at)e^{-at}$	$(1 - akT)e^{-akT}$	$\frac{1 - (1 + aT)e^{-aT}z^{-1}}{(1 - e^{-aT}z^{-1})^2}$
12.	$\frac{2}{(s + a)^3}$	t^2e^{-at}	$(kT)^2e^{-akT}$	$\frac{T^2e^{-aT}(1 + e^{-aT}z^{-1})z^{-1}}{(1 - e^{-aT}z^{-1})^3}$
13.	$\frac{a^2}{s^2(s + a)}$	$at - 1 + e^{-at}$	$akT - 1 + e^{-akT}$	$\frac{[(aT - 1 + e^{-aT}) + (1 - e^{-aT} - aTe^{-aT})z^{-1}]z^{-1}}{(1 - z^{-1})^2(1 - e^{-aT}z^{-1})}$
14.	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin \omega t$	$\sin \omega kT$	$\frac{z^{-1} \sin \omega T}{1 - 2z^{-1} \cos \omega T + z^{-2}}$
15.	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos \omega t$	$\cos \omega kT$	$\frac{1 - z^{-1} \cos \omega T}{1 - 2z^{-1} \cos \omega T + z^{-2}}$

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : SEMESTER II/2004/05

KURSUS : 3BKL

MATA PELAJARAN : TEKNIK KAWALAN DIGIT

KOD MATA PELAJARAN: BTE 3243

Jadual I/ Table I: z-Transform (cont.)

	$X(s)$	$x(t)$	$x(kT)$ or $x(k)$	$X(z)$
16.	$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$e^{-at} \sin \omega t$	$e^{-akT} \sin \omega kT$	$\frac{e^{-aT} z^{-1} \sin \omega T}{1 - 2e^{-aT} z^{-1} \cos \omega T + e^{-2aT} z^{-2}}$
17.	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}$	$e^{-at} \cos \omega t$	$e^{-akT} \cos \omega kT$	$\frac{1 - e^{-aT} z^{-1} \cos \omega T}{1 - 2e^{-aT} z^{-1} \cos \omega T + e^{-2aT} z^{-2}}$
18.			a^k	$\frac{1}{1 - az^{-1}}$
19.			a^{k-1} $k = 1, 2, 3, \dots$	$\frac{z^{-1}}{1 - az^{-1}}$
20.			ka^{k-1}	$\frac{z^{-1}}{(1 - az^{-1})^2}$
21.			$k^2 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1}(1 + az^{-1})}{(1 - az^{-1})^3}$
22.			$k^3 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1}(1 + 4az^{-1} + a^2 z^{-2})}{(1 - az^{-1})^4}$
23.			$k^4 a^{k-1}$	$\frac{z^{-1}(1 + 11az^{-1} + 11a^2 z^{-2} + a^3 z^{-3})}{(1 - az^{-1})^5}$
24.			$a^k \cos k\pi$	$\frac{1}{1 + az^{-1}}$

$x(t) = 0$ for $t < 0$.

$x(kT) = x(k) = 0$ for $k < 0$.

Unless otherwise noted, $k = 0, 1, 2, 3, \dots$