
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2007/2008

April 2008

EEM 232 – SISTEM MEKATRONIK

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS** muka surat dan **SATU** 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 Inggeris. Jika calon handak menjawab dalam bahasa Malaysia, hanya satu soalan sahaja dibenarkan.

1. (a) Terangkan transduser. Apakah perbezaan teknik-teknik yang digunakan dalam pengukuran bagi sesuatu anjakan? Jelaskan dengan gambarajah yang sesuai, prinsip kerja bagi LVDT. Apakah kesan-kesan dalam teras magnet tak seragam dalam pencapaian bagi LVDT. Apakah kesan-kesan pengurangan nilai dalam kebolehtelapan bahan dalam teras.

Define transducer. What are the different techniques used for the measurement of displacement? Explain, with suitable diagrams, the working principle of the LVDT. What will be the effect of the non-uniform magnetic core on the performance of the LVDT. What will be the effect of decrease in the value of permeability of the core material?

(35%)

- (b) Apakah aplikasi-aplikasi bagi tolok terikan? Bagaimanakah kita boleh mengurangkan ralat suhu? Jelaskan kesesuaian cara untuk ralat suhu terpampas sama seperti untuk meningkatkan kepekaan bagi sesuatu sistem.

What are the applications of strain Gauges? How can we decrease temperature errors? Explain a suitable method to compensate the temperature error as well as to increase the sensitivity of the system.

(30%)

- (c) Takrifkan penggerak. Apakah jenis-jenis yang berbeza bagi penggerak yang digunakan dalam industri-industri? Jelaskan prinsip kerja bagi penggerak kuasa bendalir dengan gambarajah yang sesuai dan terbitkan fungsi pindahnya. Apakah sumber-sumber bagi ralat dan aplikasi?

Define an actuator. What are the different types of actuators used in industries? Explain the working principle of a Fluid power actuator with suitable diagram and derive its transfer function. What are the sources of errors and applications?

(35%)

...3/-

2. (a) Apakah kegunaan penukar analog ke digital (ADC)? Apakah aplikasi-aplikasi dilapangan bagi peralatan tersebut? Jelaskan prinsip kerja salah satu jenis-jenis ADC yang beroperasi pada kelajuan tinggi. Apakah kepentingan bagi nombor dalam bit berkait dengan ADC? Bagaimanakah anda akan menggunakannya dalam pengellog data?

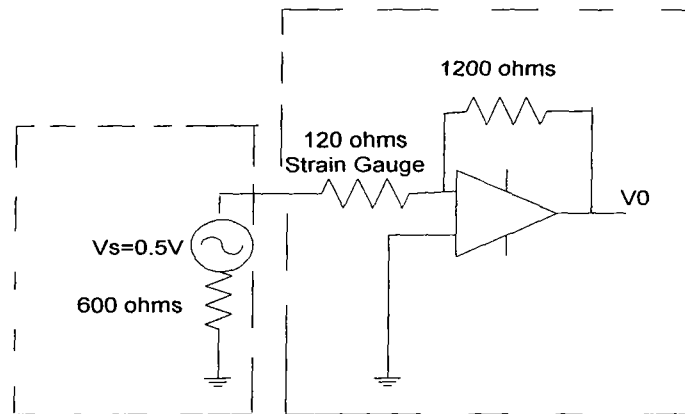
What is the purpose of an analog to digital converter(ADC)? What are its applications in the field of instrumentation? Explain the working of any one type of ADC which has high speed of operation. What is the importance of number of bits associated with the ADC? How will you use it in data logger?

(50%)

- (b) Apakah yang anda fahami antara muka bagi peranti-peranti analog dan digital? Apakah kepentingan bagi padanan galangan dalam sistem-sistem masa nyata? Semasa membuat eksperimen dengan tolok terikan jenis wayar, mengikut litar penyongsang (ditunjukkan dalam Rajah 1) digunakan. Bagaimanapun, keluaran voltan bagi penyongsang yang telah diukur dan didapati perbezaan yang diterima daripada nilai rekabentuk (-5V)? Apakah sumber bagi ralat dan bagaimana ianya boleh dibetulkan?

What do you understand by interfacing of analog and digital devices? What is the importance of impedance matching in real time systems? During experimentation, with wire-type strain gauge, following inverter circuit (shown in Figure 1) is used. However, the output voltage of the inverter was measured and found appreciably different from the designed value (-5V)? What is the source of error and how can it be corrected?

(50%)



Rajah 1
Figure 1

3. Tulis nota ringkas bagi mana-mana EMPAT yang berikut:

Write short notes on any FOUR of the following:

- (a) Teknik-teknik berbeza bagi pengukuran suhu.
Different techniques for the measurement of temperature. (25%)
- (b) Prinsip kerja dan aplikasi-aplikasi bagi motor pelangkah.
Working principle and applications of stepper motor. (25%)
- (c) Penukar Digital ke analog.
Digital to Analog converter. (25%)
- (d) Fungsi pindah dalam motor AT dengan lapangan pemalar.
Transfer Function of a DC motor with constant field. (25%)
- (e) Teknik Fiber optik bagi pengukuran anjakan.
Fiber Optic Technique for the Measurement of Displacement. (25%)

4. (a) Satu sistem pengukuran mengandungi pengganding suhu chromel-alumel, satu penukar milivolt-arus dan satu perekod. Jadual 1 memberikan persamaan model and parameter bagi setiap elemen. Anggap bahawa semua taburan kebarangkalian ialah normal. Kira purata dan sisihan piawai bagi ralat taburan kebarangkalian apabila suhu masukan ialah 117°C.

A measurement system consists of a chromel-alumel thermocouple, a millivolt-to-current converter and a recorder. Table 1 gives the model equation, and parameters for each element. Assuming that all probability distributions are normal; calculate the mean and standard deviation of the error probability distribution, when the input temperature is 117°C.

Jadual 1
Table 1

	Chromel-alumel thermocouple	e.m.f-to-current converter	Recorder
Model equation	$E = C_0 + C_1T + C_2T^2$	$i = K_1E + K_M E \Delta T_a + K_I \Delta T_a + a_1$	$T_M = K_2 i + a_2$
Mean values	$\bar{C}_0 = 0.00$ $\bar{C}_1 = 4.017 \times 10^{-2}$ $\bar{C}_2 = 4.66 \times 10^{-6}$	$\bar{K}_1 = 3.893$ $\Delta T_a = -10$ $\bar{a}_1 = -3.864$ $\bar{K}_M = 1.95 \times 10^{-4}$ $\bar{K}_I = 2.00 \times 10^{-3}$	$\bar{K}_2 = 6.25$ $\bar{a}_2 = 25.0$
Standard deviations	$\sigma_{C_0} = 6.93 \times 10^{-2}$ $\sigma_{C_1} = \sigma_{C_2} = 0$	$\sigma_{a_1} = 0.14, \sigma_{\Delta T_a} = 10$ $\sigma_{K_1} = \sigma_{K_M} = \sigma_{K_I} = 0$	$\sigma_{a_2} = 0.30$ $\sigma_{K_2} = 0.0$

(60%)

- (b) Konsep impedan boleh digunakan kepada sistem elektrik, mekanik, bendalir dan terma. Bagi sistem mekanik jisim adalah setara dengan induktan, pemalar redaman setara dengan rintangan elektrik dan 1/kekakuan setara dengan kapasitan elektrik.

Buktikan kenyataan di atas dengan bantuan lakaran yang sesuai.

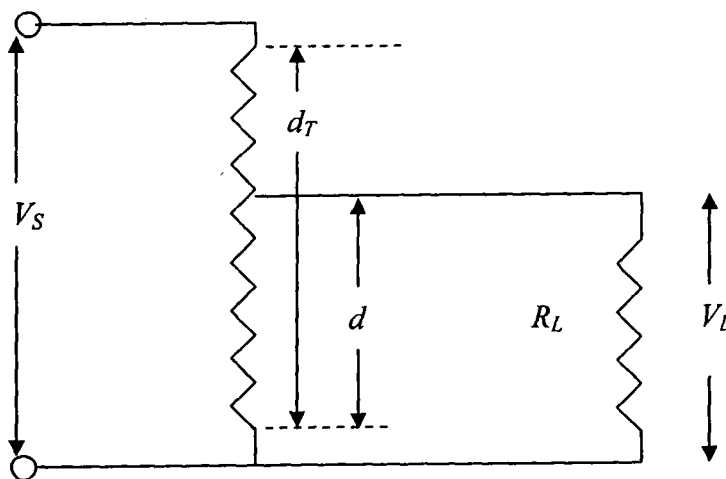
The concept of impedance can be applied to electrical, mechanical, fluidic and thermal systems. For a mechanical system, mass is analogues to electrical inductance, damping constant is analogues to electrical resistance and 1/stiffness is analogues to electrical capacitance.

Prove the above statement with the help of suitable sketches.

(40%)

- 5. (a) Terbitkan persamaan yang memberikan hubungan antara voltan dan sesaran (V_L dan d) bagi satu potensiometer yang disambungkan kepada satu beban seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2(a).

Derive the equation that gives the relationship between voltage and displacement (V_L and d) for a potentiometer connected to a load shown in Figure 2(a).



Rajah 2(a)
Figure 2(a)

(30%)
...7/-

- (b) Satu potensiometer mempunyai voltan bekalan 10 V, satu perintang 10kohm dan panjangnya 10 cm, Satu perekod mempunyai rintangan 10 kohm disambung kepada potensiometer tersebut. Kira E_{Th} , R_{Th} bagi litar setara Thevenin bagi penderia tersebut dan voltan perekod V_L bagi sesaran sebanyak 2 cm.

A potentiometer has a supply voltage of 10 V, a resistance of 10 kohm and a length of 10 cm. A recorder of resistance 10 kohm is connected across the potentiometer. Calculate the Thevenin equivalent circuit for the sensor (E_{Th} , R_{Th}) and the recorder voltage V_L for the displacement of 2 cm.

(30%)

- (c) Buktikan bahawa pembebanan dinamik bagi sistem mekanikal yang ditunjukkan di dalam Rajah 2(c) ialah seperti berikut:-

Prove that the dynamic loading for mechanical system shown in Figure 2(c) is given by:

$$F_s(s) = \frac{Z_{MS}(s)}{Z_{MS}(s) + Z_{MP}(s)} F(s)$$

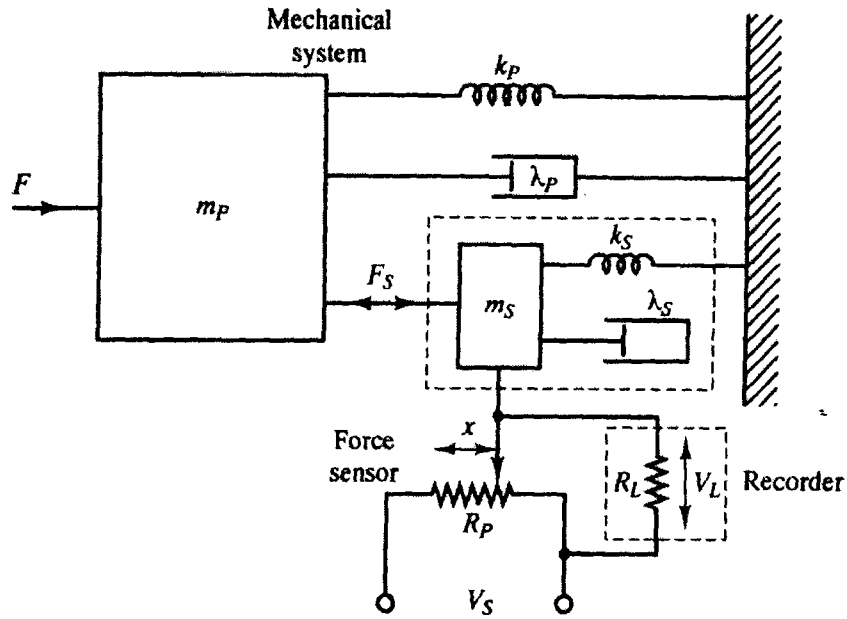
Di mana

F ialah daya sebenar

F_s ialah daya yang diukur

Z_{MP} ialah impedan proses

Z_{MS} ialah impedan penderia



Rajah 2(c)
Figure 2(c)

(40%)

6. (a) Apakah yang dimaksudkan dengan pengecaman sistem ukuran? Terangkan bagaimana sistem tertib pertama dan sistem tertib kedua dapat dicamkan.

What is meant by the identification of measurement system? Explain on how to identify first order and second order system.

(30%)

...9/-

- (b) Satu penderia sesaran mempunyai julat input di antara 0.0 cm sehingga 6.0 cm apabila dibekalkan dengan voltan bekalan piawai $V_S = 5$ volt. Menggunakan data kalibrasi di dalam Jadual 6(b), kira

A displacement sensor has an input range from 0.0 cm to 6.0 cm when supplied with standard voltage supply, $V_S = 5$ volts. Using calibration data in Table 6(b), calculate

- (i) Tak-lineariti maksimum pada pesongan skala penuh.
Nonlinearity maximum at full scale deflection.
- (ii) Kepekaan linear ideal sistem pengukuran.
Ideal linear sensitivity measurement system.
- (iii) Pemalar gandingan alam sekitar K_I dan K_M yang berkaitan dengan perubahan voltan bekalan.

Environmental coupling constants K_I and K_M related to the change in voltage supply.

Jadual 6(b)
Table 6(b)

Sesaran (cm)	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Voltan output, mV ($V_S = 5$ volt)	0	33	64	88	102	111	116
Voltan output, mV ($V_S = 6$ volt)	15	75	100	123	140	142	155

(30%)

... 10/-

- (c) Satu sistem pengukuran mengandungi elemen-elemen linear dan kepekaan keadaan mantap keseluruhan bernilai satu. Penderi suhu mempunyai masa malar sebanyak 5.0 saat. Isyarat suhu masukan ialah perkala dengan tempoh 63 s dan boleh dihampirkan kepada siri Fourier di bawah:

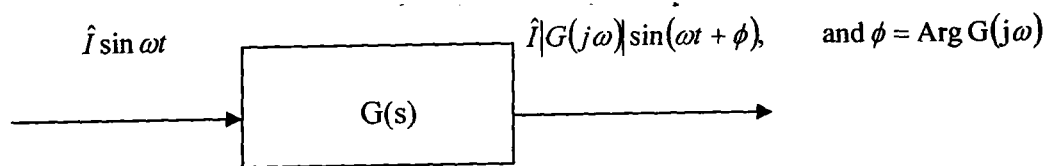
A temperature measurement system consists of linear elements and has an overall steady-state sensitivity of unity. The temperature sensor has a time constant of 5.0 s. The input temperature signal is periodic with period 63 s and can be approximated by the Fourier series:

$$T(t) = 10 \left(\sin \omega_0 t + \frac{1}{2} \sin 2\omega_0 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_0 t \right)$$

Di mana ω_0 ialah frekuensi sudut bagi komponen asasi.

Where ω_0 is the angular frequency of the fundamental component.

Note:



Cari

Find

- (i) Nilai ω_0 .
The value of ω_0 .
- (ii) Ungkapan bagi $G(s)$ atau $G(j\omega)$.
The expression of $G(s)$ or $G(j\omega)$.

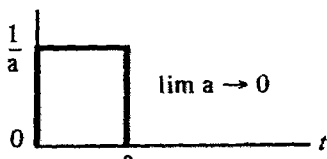
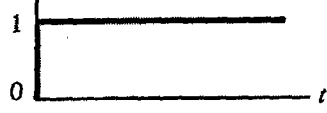

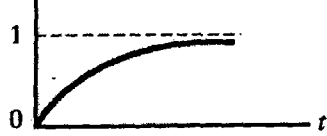
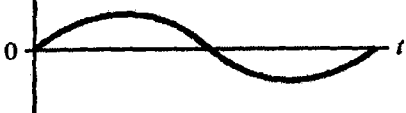
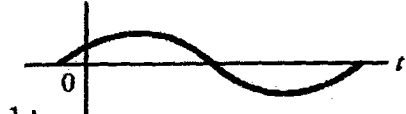


- (iii) Ungkapan bagi $|G(j\omega)|$.
The expression of $|G(j\omega)|$.
- (iv) Ungkapan bagi $\text{Arg } G(j\omega)$.
The expression of $\text{Arg } G(j\omega)$.
- (v) Ungkapan bagi sambutan masa bagi isyarat output sistem.
The expressions for the time response of the system output signal.

(40%)

ooo0ooo

Table 4.1 Laplace transforms of common time functions $f(t)$

$$\mathcal{L}[f(t)] = \bar{f}(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

Function	Symbol	Graph	Transform
1st Derivative	$\frac{d}{dt} f(t)$		$s\bar{f}(s) - f(0-)$
2nd Derivative	$\frac{d^2}{dt^2} f(t)$		$s^2\bar{f}(s) - sf(0-) - \dot{f}(0-)$
Unit impulse	$\delta(t)$		1
Unit step	$\mu(t)$		$\frac{1}{s}$
Exponential decay	$\exp(-at)$		$\frac{1}{s + a}$
Exponential growth	$1 - \exp(-at)$		$\frac{a}{s(s + a)}$
Sine wave	$\sin \omega t$		$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
Phase shifted sine wave	$\sin(\omega t + \phi)$		$\frac{\omega \cos \phi + s \sin \phi}{s^2 + \omega^2}$
Exponentially damped sine wave	$\exp(-at) \sin \omega t$		$\frac{\omega}{(s + a)^2 + \omega^2}$
Ramp with exponential decay	$t \exp(-at)$		$\frac{1}{(s + a)^2}$

* Initial conditions are at $t = 0-$, just prior to $t = 0$