
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

KSCP Semester Examination
Academic Session 2016/2017

August 2017

EMC 201 – Measurement & Instrumentation
[Pengukuran & Peralatan]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:
ARAHAN KEPADA CALON :

Please check that this paper contains **TWELE (12)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Appendix/Lampiran

1. Appendix A/Lampiran A
2. Appendix B/Lampiran B

[1 pages/mukasurat]

[1 pages/mukasurat]

Answer **ALL** questions.

*Jawab **ALL** soalan.*

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

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

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

- Q1. [a] What is calibration? Explain single-point calibration and multi-point calibration.**

Apakah penentukuran? Terangkan penentukuran satu-titik dan penentukuran pelbagai-titik.

(15 marks/markah)

- [b] List and explain the THREE (3) stages of the general measurement system. Give ONE (1) example of each stage.**

Senaraikan dan terangkan TIGA(3) peringkat sistem pengukuran am. Beri SATU (1) contoh untuk setiap peringkat.

(30 marks/markah)

- [c] A technician measured the diameter of a rod using a 0.001 mm resolution digital micrometer and obtained the following readings (units in mm):**

Seorang juruteknik mengukur garis pusat rod menggunakan mikrometer digital resolusi 0.001 mm dan memperoleh bacaan berikut (unit dalam mm):

12.502	12.512	12.496	12.518	12.505
12.498	12.487	12.507	12.508	12.513

Determine the uncertainty in the true mean of the diameter for a confidence level of (i) 90%, (ii) 95%. Does the uncertainty increase or decrease when the confidence level increases? Explain.

Tentukan ketidakpastian dalam min sebenar diameter untuk tahap keyakinan (i) 90%, (ii) 95%. Adakah ketidakpastian meningkat atau menurun apabila tahap keyakinan meningkat? Terangkan.

(35 marks/markah)

- [d] The volumetric flow rates of steady, fully developed and incompressible fluids through a straight circular pipe is given by**

Kadar aliran isipadu cecair yang stabil, maju dan tidak boleh mampat melalui paip bulat lurus diberikan oleh

$$Q = \frac{\pi}{4} D^3 V$$

where D is the pipe diameter, and V is the average velocity. The following values were measured to determine the volumetric flow rates Q :

di mana D adalah diameter paip, dan V ialah halaju purata. Nilai-nilai berikut diukur untuk menentukan kadar aliran isipadu Q :

$$D = 20 \pm 0.5 \text{ cm}; \quad V = 0.010 \pm 0.0005 \text{ m/s.}$$

Determine the nominal value of Q and its uncertainty at 90% confidence.

Tentukan nilai nominal Q dan ketidaktentuan pada keyakinan 90%.

(20 marks/markah)

Q2. [a] Figure Q2[a] shows a complex periodic electrical signal resembling a sawtooth wave.

Rajah S2[a] menunjukkan isyarat elektrik berkala kompleks yang menyerupai gelombang gergaji.

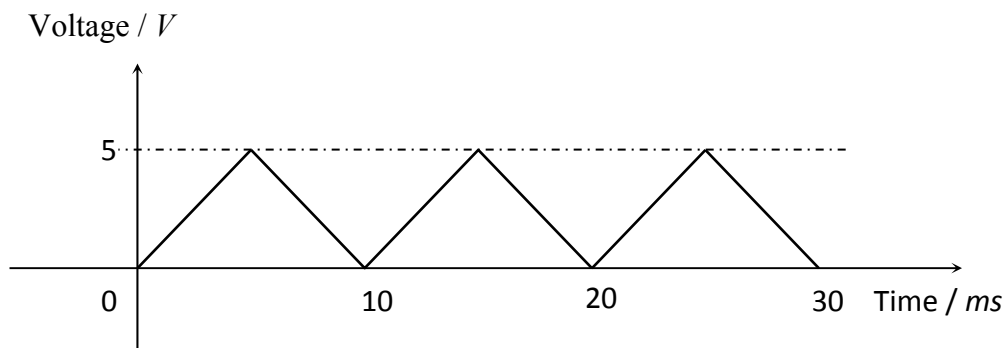


Figure Q2[a]
Rajah S2[a]

(i) Determine the harmonic coefficients for periodic signal as shown in Figure Q2[a]

Tentukan pekali-pekali harmonik untuk isyarat berkala yang ditunjukkan dalam Rajah S2[a]

Note: A generic Fourier series can be expressed as

Nota: Satu siri Fourier umum boleh diungkap sebagai

- 4 -

$$y(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos(n\omega t) \pm B_n \sin(n\omega t))$$

where,
di mana,

$$A_0 = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} y(t) dt \quad n = 0, 1, 2 \dots$$

$$A_n = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} y(t) \cos(n\omega t) dt \quad n = 0, 1, 2 \dots$$

$$B_n = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi/\omega} y(t) \sin(n\omega t) dt \quad n = 1, 2 \dots$$

- (ii) Sketch the frequency spectrum for the electrical signal up to the 9th harmonic.

Lakarkan spektrum frekuensi bagi isyarat elektrik berkala ini sehingga harmonik ke-9.

(60 marks/markah)

[b] The electrical signal as shown in Figure Q2[a] is discretely sampled at a rate of 250 Hz.

Isyarat elektrik seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S2[a] adalah disampel secara diskrit pada kadar 250 Hz.

- (i) Draw the electrical signal on a graph paper and show the temporal locations at which it is measured.

Lukiskan isyarat elektrik pada kertas graf dan tunjukkan lokasi temporal di mana ia boleh diukur.

- (ii) Estimate the apparent frequency that can be measured using this sampling rate.

Anggarkan frekuensi nyata yang boleh diukur dengan menggunakan kadar pensampelan ini.

- (iii) Determine the highest harmonic of the electrical signal that can be resolved accurately using this sampling rate. What will happen to others that cannot be resolved?

Tentukan harmonik tertinggi isyarat elektrik ini yang boleh dikesan dengan tepat dengan menggunakan kadar pensampelan ini. Apakah yang akan berlaku kepada harmonik lain yang tidak dapat dikesan?

- (iv) Determine the minimum sample rate so that the electrical signal can be accurately resolved up to the 9th harmonic.

Tentukan kadar pensampelan minimum supaya isyarat elektrik dapat dikesan dengan tepat sehingga harmonik ke-9.

(40 marks/markah)

- Q3. [a] Figure Q3[a] shows a simple RC circuit consisting of a capacitor, a resistor and a 100 V voltage source connected in series. Assuming that the capacitor carries no initial charge and then the switch is moved to contact A.

Rajah S3[a] menunjukkan satu litar RC ringkas yang mengandungi satu kapasitor, satu perintang dan bekalan voltan 100 V disambung secara bersiri. Anggapkan bahawa kapasitor ini tidak bercas pada mulanya dan kemudian suis dibiarkan menyentuhkan titik A.

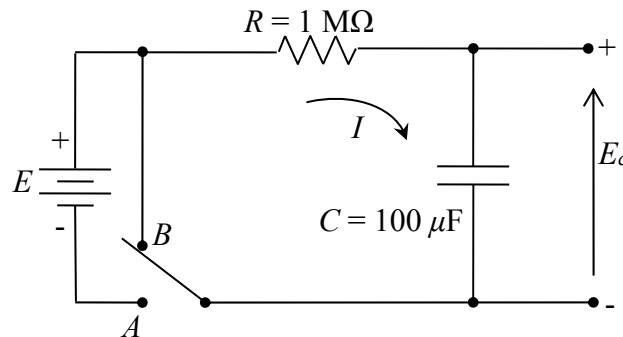


Figure Q3[a]
Rajah S3[a]

- (i) Prove that the voltage drop across E_c when the time t elapses is $E_c = E(1 - e^{-t/\tau})$, where τ is a time constant.

Buktikan bahawa voltan merentasi E_c apabila masa, t berlalu adalah $E_c = E(1 - e^{-t/\tau})$, di mana τ adalah pemalar masa.

- (ii) **Determine the time for the voltage drop across E_c to reach 75% of the maximum capacity.**

Tentukan masa untuk voltan merentasi E_c untuk mencapai 75% kapasiti maksimum.

- (iii) **Hence, suggest ONE (1) method to reduce the charging time up to 50%. Justify your method mathematically.**

Seterusnya, cadangkan SATU (1) kaedah untuk mengurangkan masa pengecasan sebanyak 50%. Jelaskan kaedah anda secara matematik.

(60 marks/markah)

- [b] Foreign materials contamination in food processing industry is a critical safety issue, especially when the food contaminants are mixed and buried within the food. Foreign materials can be categorized into metal (ferrous and non-ferrous metals) and non-metal (dust, wood, plastic scraps and etc.). As an engineer in a food processing company, you are given a task to design a foreign material detection system using suitable sensor to detect the existence of foreign materials within food.**

Pencemaran bahan asing dalam industri pemprosesan makanan adalah satu isu keselamatan kritikal, terutama apabila pencemar makanan bercampur dan terkandung dalam makanan. Bahan asing boleh dikategorikan kepada logam (logam ferus dan bukan ferus) dan bukan logam (habuk, kayu, sekerap plastik dan sebagainya). Sebagai seorang jurutera dalam sebuah syarikat pemprosesan makanan, anda diberi tugas untuk mencipta satu sistem pengesanan bahan asing dengan menggunakan pengesan yang sesuai untuk mengesan kewujudan bahan asing dalam makanan.

- (i) **Suggest suitable sensor(s) or sensing element(s) that can be used to detect the existence of foreign materials of metal and non-metal.**

Cadangkan pengesan (-pengesan) yang sesuai atau unsur(-unsur) pengesanan yang boleh digunakan untuk mengesan kewujudan bahan asing logam dan bukan logam.

- (ii) **With a suitable sketch, configure your design of the detection system. Explain the working principle of the sensor suggested in (i) in detecting the existence of foreign materials. Assumption made (if any) has to be written clearly.**

Dengan lakaran yang sesuai, konfigurasi rekabentuk sistem pengesanan anda. Terangkan prinsip kerja pengesanan yang dicadangkan

dalam (i) dalam pengesanan kewujudan bahan asing. Sebarang anggapan yang dibuat (jika ada) perlu ditulis dengan jelas.

(40 marks/markah)

Q4. [a] State any FIVE (5) characteristics of an ideal amplifier.

Nyatakan mana-mana LIMA (5) ciri bagi penguat unggul.

(25 marks/markah)

[b] Figure Q4(b) shows the circuit diagram of a summing amplifier. Obtain an expression for the output voltage e_o in terms of the input voltages e_1 , e_2 and e_3 and the resistances shown in the figure.

Rajah S4(b) menunjukkan gambarajah litar bagi penguat menjumlah. Dapatkan ungkapan bagi voltan keluaran e_o dalam sebutan voltan-voltan masukan e_1 , e_2 dan e_3 dan rintangan-rintangan yang ditunjukkan dalam rajah tersebut.

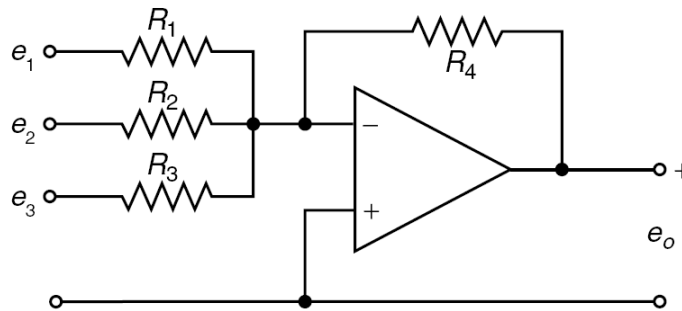


Figure Q4(b)
Rajah S4(b)

(40 marks/markah)

[c] Simplify the expression derived in Q4(b) if $R_1 = R_2 = R_3 = R$. Hence, determine the value of R_4 if $R = 10 \text{ k}\Omega$, $e_1 = e_2 = e_3 = 0.5 \text{ V}$ and the output voltage is -5 V .

Permudahkan ungkapan yang diterbitkan dalam Q4(b) jika $R_1 = R_2 = R_3 = R$. Seterusnya, tentukan nilai R_4 jika $R = 10 \text{ k}\Omega$, $e_1 = e_2 = e_3 = 0.5 \text{ V}$ dan voltan keluaran ialah -5 V .

(15 marks/markah)

- [d] **Figure Q4(d) shows a logic gate circuit. Construct the truth table for the circuit. Show the intermediate outputs at C, D, E and F.**

Rajah S4(d) menunjukkan litar logik. Bina jadual kebenaran bagi litar tersebut. Tunjukkan keluaran perantara pada titik C, D, E dan F.

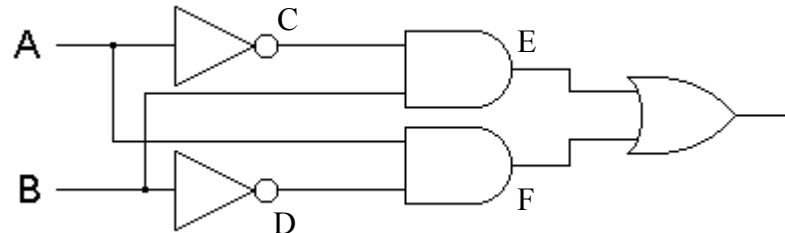


Figure Q4(d)
Rajah S4(d)

(20 marks/markah)

- Q5. [a] **Define the term ‘gage factor’**

Takrifkan sebutan ‘faktor tolak’.

(10 marks/markah)

- [b] **The resistance bridge circuit shown in Figure Q5(b) was used for the measurement of strain in a mechanically loaded structure. A strain gage with a nominal resistance of 200 Ω (gage factor = 1.5) was attached to the structure and formed one arm of the bridge circuit. The resistances in all the remaining three arms of the bridge are equal to the nominal resistance of the strain gage, i.e. 200 Ω .**

Litar tetimbang rintangan yang ditunjukkan dalam Rajah S5(b) digunakan untuk mengukur terikan dalam struktur yang dikenakan beban mekanik. Tolok terikan dengan rintangan nominal 200 Ω (faktor tolak = 1.5) dipasang pada struktur tersebut dan membentuk salah satu daripada lengan litar tetimbang. Rintangan pada tiga lengan yang lain adalah sama dengan rintangan nominal tolak terikan, iaitu 200 Ω .

- (i) **Using the principle of the voltage divider or otherwise, show that when strain is applied the change in the output voltage Δe_o is given by**

$$\Delta e_o = \frac{sF}{4 + 2sF} e_i$$

where ε is the strain in the loaded structure, F is the gage factor and e_i is the input voltage.

Dengan menggunakan prinsip pembahagi voltan atau cara yang lain, tunjukkan bahawa apabila terikan dikenakan perubahan dalam voltan keluaran Δe_o diberikan oleh

$$\Delta e_o = \frac{\varepsilon F}{4 + 2\varepsilon F} e_i$$

di mana ε ialah terikan pada struktur dibeban, F ialah faktor tolak dan e_i ialah voltan masukan.

- (i) If the input voltage is 5 V while the output voltage of the circuit is 15 mV determine the value of strain in the structure.

Jika voltan masukan ialah 5 V manakala voltan keluaran litar ialah 15 mV tentukan nilai terikan dalam struktur tersebut.

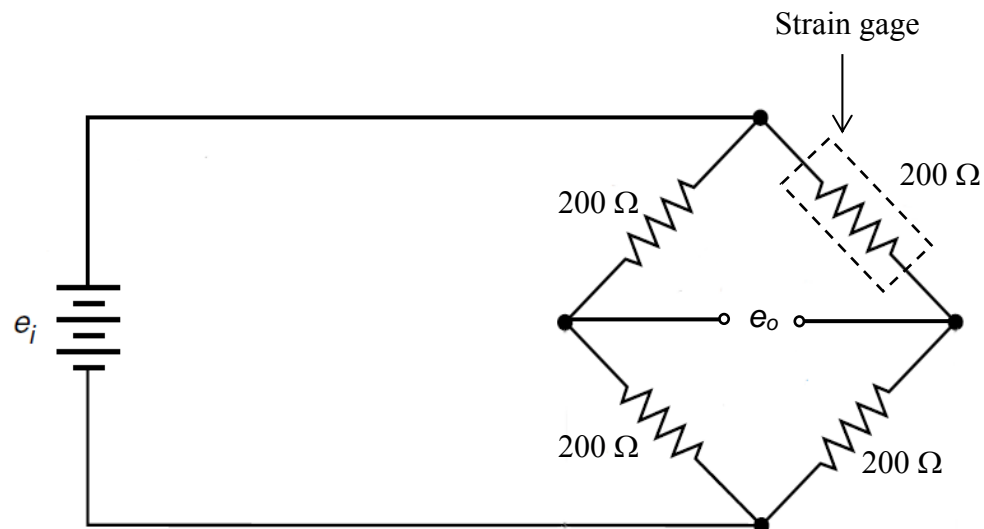


Figure Q5(b)
Rajah S5(b)

(40 marks/markah)

- [c] Figure Q5(c) shows a type-K thermocouple circuit. The copper extension wires connect the thermocouples to the meter. The extension wire junctions are at same temperature as the reference temperature.**

Rajah S5(c) menunjukkan litar pengganding suhu jenis-K. Wayar penyambung tembaga menyambung pengganding suhu kepada meter. Simpan wayar penyambung berada pada suhu yang sama dengan suhu rujukan.

- (i) **Using the Seebeck e.m.f. or otherwise, show that the output voltage E is not affected by the presence of the copper extension wires.**

Dengan menggunakan d.g.e. Seebeck atau cara lain, tunjukkan bahawa voltan output E tidak dipengaruhi oleh kewujudan wayar-wayar penyambung tembaga.

- (ii) **Determine the measuring temperature if the output voltage is 3.16 V when the reference temperature is 20°C.**

Tentukan suhu mengukur jika voltan output ialah 3.16 V apabila suhu rujukan ialah 20°C.

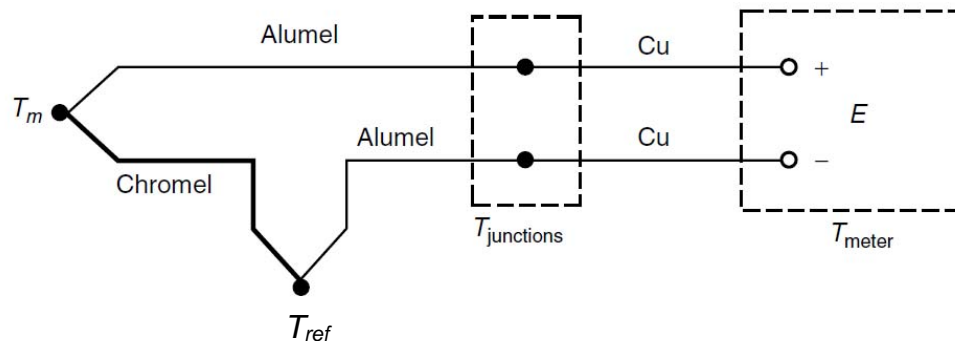


Figure Q5(c)
Rajah S5(c)

(50 marks/markah)

-0000000-

APPENDIX B
LAMPIRAN B

Voltage E in Millivolts versus Temperature T_m for Type K Thermocouples
Having Reference Junctions at $T_{ref} = 0^\circ\text{C}$

°C	Type K				
	0	5	10	15	20
-200	-5.891	-5.813	-5.730	-5.642	-5.550
-175	-5.454	-5.354	-5.250	-5.141	-5.029
-150	-4.913	-4.793	-4.669	-4.542	-4.411
-125	-4.276	-4.138	-3.997	-3.852	-3.705
-100	-3.554	-3.400	-3.243	-3.083	-2.920
-75	-2.755	-2.587	-2.416	-2.243	-2.067
-50	-1.889	-1.709	-1.527	-1.343	-1.156
-25	-0.968	-0.778	-0.586	-0.392	-0.197
0	0.000	0.198	0.397	0.597	0.798
25	1.000	1.203	1.407	1.612	1.817
50	2.023	2.230	2.437	2.644	2.851
75	3.059	3.267	3.474	3.682	3.889
100	4.096	4.303	4.509	4.715	4.920
125	5.124	5.328	5.532	5.735	5.937
150	6.138	6.340	6.540	6.741	6.941
175	7.140	7.340	7.540	7.739	7.939
200	8.139	8.338	8.539	8.739	8.940
225	9.141	9.343	9.545	9.747	9.950
250	10.153	10.357	10.561	10.766	10.971
275	11.176	11.382	11.588	11.795	12.002
300	12.209	12.416	12.624	12.832	13.040
325	13.248	13.457	13.665	13.875	14.084
350	14.293	14.503	14.713	14.923	15.133
375	15.343	15.554	15.764	15.975	16.186