



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

EMC201 – Measurement & Instrumentation
[Pengukuran & Peralatan]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of ELEVEN [11] printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEBELAS [11] mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FIVE [5]** questions.

ARAHAN : Jawab **SEMUA LIMA [5]** soalan.]

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.]

1. [a] Explain the significance of calibration in the context of measurement.

Terangkan kepentingan penentukuran dalam konteks pengukuran.

(10 marks/markah)

- [b] Briefly explain any TWO (2) calibration methods to identify any TWO (2) types of error that might exist in a mercury-in-glass thermometer.

Jelaskan secara ringkas mana-mana DUA (2) kaedah penentukuran untuk mengenalpasti mana-mana DUA (2) jenis ralat yang mungkin wujud dalam termometer merkuri-dalam-kaca.

(30 marks/markah)

- [c] A batch of nickel resistors in a cylindrical form were fabricated for a laboratory project. A total of 10 nickel resistors were sampled for measurement. The length L and the diameter D of the nickel resistors were measured and summarized in Table 1[c].

Sekumpulan perintang nikel dalam bentuk silinder telah dibuat untuk satu projek makmal. Sejumlah 10 perintang disampel untuk pengukuran. Panjang L dan diameter D perintang-perintang nikel ini diukur dan dirumuskan dalam Jadual 1[c].

Table 1[c]
Jadual 1[c]

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L (mm)	25.16	25.12	24.84	24.96	25.18	25.06	25.02	24.92	24.86	25.08
D (mm)	4.98	5.08	4.96	5.04	5.02	4.97	4.95	5.06	4.98	5.08

Given that nickel has a resistivity of material $7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ at $20^\circ C$ ($\pm 3\%$ uncertainty) and there is no bias error in any measurement, determine the uncertainty in resistance of the nickel resistors fabricated.

Diberi nikel mempunyai rintangan bahan $7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ pada $20^\circ C$ ($\pm 3\%$ ketidakpastian) dan tidak ada ralat bias dalam sebarang ukuran, tentukan ketidakpastian rintangan dalam perintang nikel yang dibuat.

...3/-

If the resistance of the nickel resistors should not deviate more than 3% from the desired value of 89 $\mu\Omega$, should the laboratory manager accept the batch of the nickel resistors? Give your justification.

Sekiranya rintangan perintang nikel tidak boleh melebihi 3% daripada nilai yang dikehendaki iaitu 89 $\mu\Omega$, bolehkah pengurus makmal ini menerima kumpulan perintang nikel yang telah dibuat ini? Berikan justifikasi anda.

(All uncertainties should be assumed to 95% of coverage.)
(Semua ketidakpastian harus diandaikan kepada 95% liputan.)

Note: The resistance of a conductor is given by:
Nota: Rintangan sesuatu konduktor diberikan oleh:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

where **R = resistance (Ω)**
di mana *R = rintangan (Ω)*

L = the length of the conductor (m)
L = Panjang konduktor(m)

A = cross-sectional area of the conductor (m^2)
A = luas keratan rentas konduktor (m^2)

ρ = the resistivity of the material ($\Omega \cdot m$)
 ρ = rintangan bahan ($\Omega \cdot m$)

(60 marks/markah)

...4/-

2. [a] Figure 2[a] shows an electrical signal resembling a sawtooth wave.

Rajah 2[a] menunjukkan satu isyarat elektrik yang menyerupai satu gelombang berbentuk gergaji.

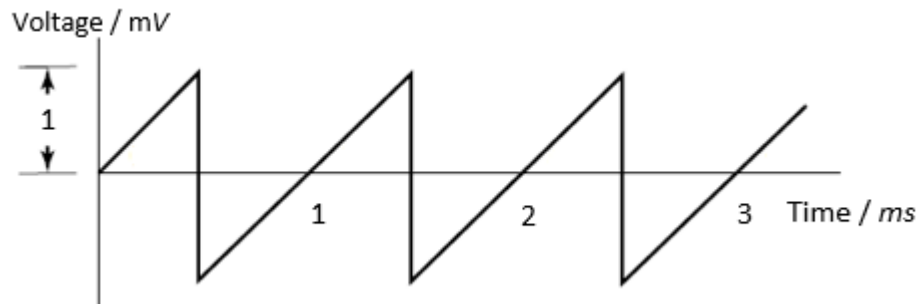


Figure 2[a]
Rajah 2[a]

If a sampling rate of 11 kHz is used to sample the sawtooth wave,
Sekiranya kadar pensampelan 11 kHz digunakan untuk menyampel gelombang berbentuk gergaji ini,

- (i) determine the harmonic(s) which can be sampled accurately, and

tentukan harmonik (-harmonik) yang boleh disampelkan dengan tepat, dan

- (ii) construct the frequency spectrum for the sampling
binakan spektrum frekuensi untuk persampelan ini

Note: A generic Fourier series can be expressed as
Nota: Satu siri Fourier umum boleh diungkap sebagai

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

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

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

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

(50 marks/markah)

...5/-

- [b] A vibration signal obtained from a rotating shaft, can be approximated mathematically using an equation below:

Isyarat getaran yang diperolehi daripada aci berputar, boleh dihampiri secara matematik dengan persamaan di bawah:

$$y(t) = 25 + 104.2 \sin 9425t + 47.3 \cos 9425t + 64.9 \sin 28274t + 17.79 \cos 47124t$$

If the vibration signal as expressed in the equation is sampled at 5000 Hz,

Jika isyarat getaran seperti yang dinyatakan dalam persamaan disampel pada 5000 Hz,

- (i) **determine the false frequency(ies) that might exist**
tentukan frekuensi palsu yang mungkin wujud
- (ii) **determine the minimum sampling frequency that might resolved all harmonic components as expressed in the equation.**

tentukan frekuensi persampelan minimum yang mungkin dapat mengesan semua komponen harmonik seperti yang dinyatakan dalam persamaan.

(50 marks/markah)

3. The movement of mercury in the capillary of a glass tube is often used as a temperature measurement device. In this case the expansion of the mercury which, is represented as the column height, is taken as the temperature value. This effect can be modeled by a first order differential equation. The input to the system is the temperature of the liquid being measured and the output is the temperature displayed on the thermometer scale.

Pergerakan raksa di dalam kapilari tiub gelas kerap digunakan sebagai peranti pengukur suhu. Di dalam kes ini, pengembangan raksa diwakili oleh ketinggian turus dan di ambil sebagai nilai suhu yang diukur. Kesan ini boleh dimodelkan dengan persamaan pembeza peringkat pertama. Masukan kepada sistem adalah suhu cecair yang hendak diukur dan keluaran adalah suhu yang dipapar pada skala jangkasuhu.

...7/-

- [a] Write down the equation that describes how the output varies with time for a given input. Assume a time constant of τ and a static gain of 1.

Tuliskan persamaan yang mewakili bagaimana nilai keluaran berubah dengan masa bagi masukan yang diberi. Andaikan pemalar masa τ dan gandaan statik adalah 1.

- [b] Transform this first order differential equation to the frequency domain and derive the transfer function for the system.

Jelmakan persamaan pembeza peringkat pertama ini kepada domain frekuensi dan terbitkan fungsi rangkap pindah bagi sistem ini.

- [c] Staying in the frequency domain, apply a step input to the system of 40°C and determine the output.

Dengan melakukan pengiraan di dalam domain frekuensi, kenakan masukan langkah sebesar 40 °C dan tentukan nilai keluaran.

- [d] What is the time domain equation that describes the thermometer response for a step change in temperature of 40°C? Assume that the thermometer was at a temperature of 0°C initially.

Apakah persamaan di dalam domain masa yang menjelaskan tindakbalas suhu bagi perubahan langkah 40°C? Andaikan jangkasuhu berada pada suhu 0 °C di permulaan pengukuran.

(100 marks/markah)

4. [a] List down any FOUR (4) advantages of an electrical sensing element compared to a mechanical sensing element.

Senaraikan EMPAT (4) kelebihan elemen sensor elektrik berbanding dengan elemen sensor mekanikal.

(10 marks/markah)

...8/-

- [b] Give the most appropriate sensor for each of the following applications, and explain the reason for choosing that kind of sensor. The answer should be specific (e.g. for a temperature sensor for high temperature, precision applications in an engine, the answer would be “Thermocouple” not “Temperature sensor”):**

Berikan sensor yang paling sesuai bagi setiap aplikasi berikut, dan terangkan sebab pemilihan jenis sensor tersebut. Jawapan hendaklah tepat (contoh, untuk sensor suhu bagi aplikasi suhu tinggi dan berkepersisan di dalam enjin, jawapan adalah 'Pengganding suhu' dan bukan 'Sensor suhu'):

- (i) Loudness of a speaker.**
Kenyaringan pembesar suara.
- (ii) Temperature of engine coolant.**
Suhu penyejuk enjin.
- (iii) Presence of vehicles at traffic light.**
Kehadiran kenderaan pada lampu isyarat.
- (iv) Stress on a bridge.**
Tegasan pada jambatan

(40 marks/markah)

- [c] Two square parallel plates each of dimensions 20 mm by 20 mm are used in the design of a capacitive displacement sensor. The initial spacing between the plates is 1 mm.**

Dua plat selari setiapnya berdimensi 20 mm kali 20 mm digunakan untuk mereka sebuah sensor anjakan kapastif. Jarak di antara plat ialah 1 mm.

- (i) Give TWO (2) arrangements of the parallel plates with the help of sketch.**

Berikan DUA (2) konfigurasi plat selari dengan bantuan lakaran.

...9/-

- (ii) From your answer in 4[c](i), determine which of the two configurations will give a larger capacitance change. The input displacement for both configurations is 0.5 mm. Given that the capacitance C between parallel plates with an overlapping area A and distance d is given by

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$$

where K is the dielectric coefficient of the substance between the plates ($K = 1$ for air) and ϵ_0 is the permittivity of free space (8.85×10^{-12} pF/m).

Dari jawapan anda dalam 4[c](i), tentukan manakah antara dua konfigurasi tersebut akan memberikan perubahan kapasitans yang lebih tinggi. Anjakan input untuk kedua-dua konfigurasi adalah 0.5 mm. Diberikan bahawa nilai kapasitans C di antara dua plat selari dengan luas bertindih A dan jarak d diberikan oleh

$$C = \frac{K\epsilon_0 A}{d}$$

di mana K ialah koefisien dielektrik bagi bahan di antara plat ($K = 1$ bagi udara) dan ϵ_0 ialah kebolehtelusan ruang bebas (8.85×10^{-12} pF/m).

(50 marks/markah)

5. [a] **List FOUR (4) characteristics of an ideal operational amplifier**
Senaraikan EMPAT (4) karakteristik penguat operasi yang ideal.

(10 marks/markah)

...10/-

- [b]** Figure 5[b] shows an amplifier circuit.
Rajah 5[b] menunjukkan satu litar pengganda.

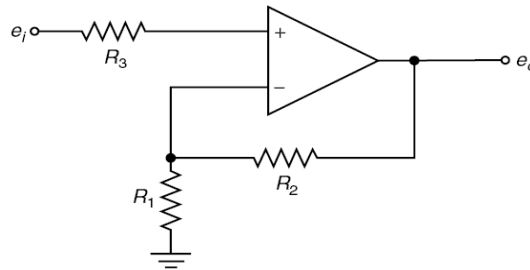


Figure 5[b]
Rajah 5[b]

- (i) **What type of amplifier is this?**
Apakah jenis penguat ini?
- (ii) **Obtain an expression for the gain of the amplifier in terms of the other variables shown in Figure 5[b].**

Dapatkan suatu ungkapan untuk gandaan bagi penguat tersebut dalam sebutan pembolehubah-pembolehubah yang lain dalam Rajah 5[b].

- (iii) **If $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, determine a suitable combination of R_1 and R_2 to obtain a gain of 1000.**

Jika $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, tentukan gabungan R_1 dan R_2 yang sesuai untuk mendapatkan gandaan sebanyak 1000.

(45 marks/markah)

...11/-

- [c] Identify type of logic gates shown in Figure 5[c](i)-(iii) and draw their truth table.

Kenal pasti jenis get logik yang ditunjukkan dalam Rajah 5[c] (i)-(iii) dan bina jadual kebenaran mereka.

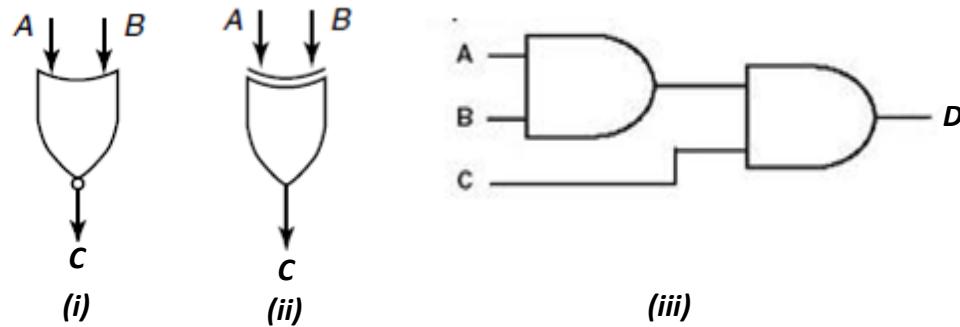


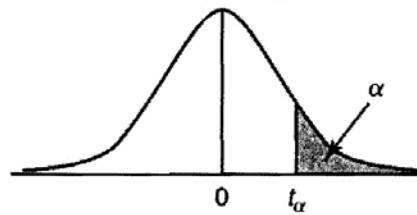
Figure 5[c]
Rajah 5[c]

(25 marks/markah)

- [d] The output from a temperature sensor varies from 0.500 mV to 2.500 mV. The signal is fed into a 16-bit analog-to-digital (A/D) converter having a ± 5.0 V range. Estimate the voltage increment represented by the least significant bit (LSB). What should be the gain to which the signal needs to be amplified?

Keluaran sensor suhu berubah antara 0.5 mV dan 2.5 mV. Isyarat tersebut dimasukkan ke dalam pengubah analog-ke-digital (A/D) 16-bit yang mempunyai julat ± 5.0 V. Anggarkan tokokan voltan yang diwakili oleh bit paling rendah (LSB). Apakah nilai gandaan isyarat tersebut perlu digandakan?

(20 marks/markah)

Appendix A/Lampiran A: Student's t -Distribution (Values of $t_{\alpha, \nu}$)**Student's t -Distribution (Values of $t_{\alpha, \nu}$)**

ν	$t_{0.10, \nu}$	$t_{0.05, \nu}$	$t_{0.025, \nu}$	$t_{0.01, \nu}$	$t_{0.005, \nu}$	ν
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	1
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	2
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	3
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	4
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	6
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	7
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	8
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	9
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	10
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	11
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	12
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	13
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	14
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	15
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	16
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	17
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	18
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	19
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	20
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	21
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	22
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	23
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	24
25	1.316	1.798	2.060	2.485	2.787	25
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	26
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	27
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	28
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	29
∞	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	∞

...13/-