Méréstechnika 1. pótzárthelyi

2016. május 27.

A feladatok megoldásához csak papír, írószer, számológép használata megengedett, egyéb segédeszköz és a kommunikáció tiltott. A megoldásra fordítható idő: 90 perc. A feladatok természetesen tetszőleges sorrendben megoldhatók, de a római számmal jelzett feladatok megoldását külön papírra kérjük. A feladatok után azok pontszámát is feltüntettük. Törtpontszámokat nem adunk, indoklás nélküli eredményeket nem értékelünk. Törekedj arra, hogy tudásodat a dolgozat szép külalakja is kiemelje! A Student- és a normális eloszlás táblázatát a túloldalon találod!

1. Egy több változó méréséből származtatott mennyiség eredő standard bizonytalansága $u(y) = 10$ egység. Ugyanennek a mérésnek a hagyományos kiértékelése során valószínűségi összegzéssel $\Delta y = 22$ egység hibát kaptunk. Lehetséges-e, hogy mindkét kiértékelés helyes? (1 pont)

2. Rajzold fel a kompenzált ohmos osztó kapcsolási rajzát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség viszonyát frekvenciafüggetlen esetben a kapcsolás paramétereivel! Mi a feltétele annak, hogy az osztásarány frekvenciafüggetlen legyen? Rajzold fel ebben az esetben az osztó $Z(j\omega)$ bemeneti impedanciájának Bode amplitúdódiagramját! (Ügyelj a tengelyek megfelelő skálázására!) (2 pont)

3. Egy 0.6 V csúcsértékű szinuszjelet 30 mV effektív értékű fehérzaj terhel. Hány dB a jel-zaj viszony? (1 pont)

4. Impedanciát mérünk 3 vezetékes mérést alkalmazva. Rajzold le, hogyan kapcsolódik a műszer az impedanciához, ha árnyékolt kábelt alkalmazunk! (1 pont)

5. Adott az $x(t) = 0.5 + 2 \cdot \cos(2\pi f_x t)$ jel, $f_x = 100$ Hz. A jelet $f_s = 2$ kHz frekvenciával mintavételezzük. Rajzold fel a mintavételezett jel spektrumát a $-2f_s \ldots + 2f_s$ intervallumban! Jellegre helyes ábra elegendő, de fel kell tüntetni, hogy mely frekvencián jelennek meg komponensek! (2 pont)

6. Digitális oszcilloszkópok *pre trigger* funkciójával hogyan lehet *zoom*-olni? (1 pont)

7. Diszkrét Fourier-transzformációt (DFT) végzünk. Mutasd be a leakage (spektrumszivárgás) jelenségét! (1 pont)

8. Rajzold fel a létrahálózatos DA-átalakító blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Egy iroda villamosenergia-fogyasztását vizsgáljuk. Azt találjuk, hogy a napi fogyasztás a [100; 120] kWh intervallumban mozog, egyenletes eloszlással.

a) Feltételezve, hogy egy évben $N = 256$ munkanap van (és a munkaszüneti napokon zérus a fogyasztás) add meg az éves fogyasztásra vonatkozó $p = 99\%$ szintű konfidenciaintervallumot!

b) Részletesebb vizsgálatok szerint a napi fogyasztás eloszlása normális, és p_2 valószínűséggel esik a fenti [100; 120] kWh intervallumba. Add meg most az éves fogyasztásra vonatkozó p_2 szintű konfidenciaintervallumot! (Segítség: számolj paraméteresen!)

(5 pont)

II. Egy digitális impedanciamérés során a mérőáram állandó effektív értékű, $I = 1$ mA. A tulajdonképpeni mérés az impedancia feszültségének mérését jelenti, amelynek során az effektív értéket és az áramhoz viszonyított fázisát határozzuk meg. A mérést $f = 1$ kHz-en végezzük, a fázismérést időmérésre vezetjük vissza. A mintavételezett szinuszhullámok közötti időt időintervallum-méréssel határozzuk meg, az órajelnek a mintavételi frekvencia felel meg, ez $f_s = 1$ MHz. Az időintervallumot csak egyszer mérjük meg, értéke $\tau = 240$ μs. A feszültség késik az áramhoz képest.

a) Add meg az impedancia abszolút értékét és fázistolását, ha a mért feszültség $U = 7.219$ V !

b) Add meg az impedancia *párhuzamos RC* helyettesítőképét, az elemértékekkel együtt!

c) Határozd meg a fázismérés abszolút hibáját, feltéve, hogy a frekvenciát hibamentesen ismerjük!

d) Mekkora a kapacitás mérésének relatív hibája, a fázismérés hibáját is figyelembe véve?

(5 pont)

A Student-t eloszlás táblázata

szabadságfok	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
1	0.325	1.376	3.077	6.310	12.690	31.821	63.657	636.619
2	0.289	1.061	1.886	2.919	4.300	6.965	9.925	31.598
3	0.277	0.979	1.638	2.353	3.181	4.535	5.826	12.618
4	0.271	0.941	1.533	2.131	2.775	3.743	4.595	8.449
5	0.267	0.920	1.476	2.014	2.570	3.362	4.025	6.760
6	0.265	0.906	1.439	1.943	2.446	3.140	3.701	5.876
7	0.263	0.896	1.415	1.894	2.364	2.995	3.494	5.339
8	0.262	0.889	1.397	1.859	2.305	2.894	3.350	4.982
9	0.261	0.883	1.383	1.833	2.261	2.819	3.245	4.728
10	0.260	0.879	1.372	1.812	2.227	2.762	3.165	4.538
11	0.260	0.876	1.363	1.796	2.200	2.716	3.102	4.392
12	0.259	0.873	1.356	1.782	2.178	2.679	3.051	4.275
13	0.259	0.870	1.350	1.771	2.160	2.648	3.008	4.180
14	0.258	0.868	1.345	1.761	2.144	2.623	2.973	4.102
15	0.258	0.866	1.341	1.753	2.131	2.601	2.943	4.036
16	0.257	0.865	1.337	1.746	2.119	2.582	2.917	3.979
17	0.257	0.863	1.333	1.739	2.109	2.565	2.895	3.930
18	0.257	0.862	1.330	1.734	2.100	2.551	2.875	3.888
19	0.257	0.861	1.328	1.729	2.093	2.538	2.857	3.850
20	0.257	0.860	1.325	1.724	2.086	2.527	2.842	3.817

Magyarázat: $p[t \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a t valószínűségi változó értéke x-nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x-ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy egy 20 szabadságfokú minta esetén $t \geq 1.325$.

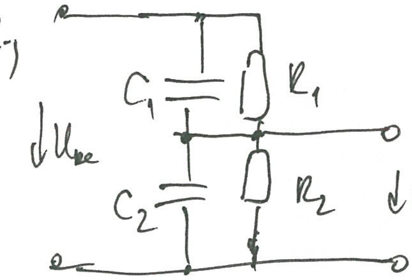
A normális eloszlás táblázata

	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

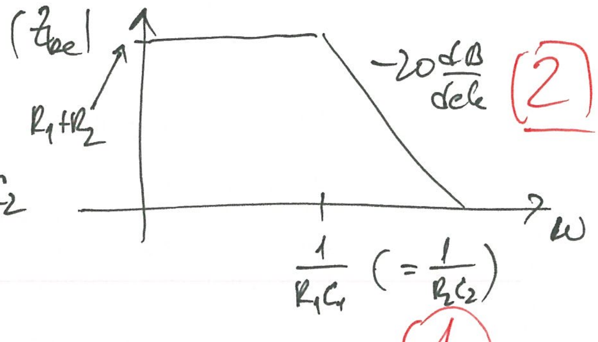
Magyarázat: $p[z \geq x] = P$, azaz P annak a valószínűsége, hogy a z valószínűségi változó értéke x-nél nagyobb vagy egyenlő. A táblázat első sorában vannak a P értékek, alattuk pedig az x-ek. Pl. 0.1 a valószínűsége annak, hogy normális eloszlású minta esetén $z \geq 1.29$.

1.) GUM: $\Delta y' = k \cdot u(y)$, $k = 2 \ldots 3$ mivel $\Delta y = 2{,}2\, u(y)$, elképzelhető, hogy mindkét eredmény helyes. 1

2.)



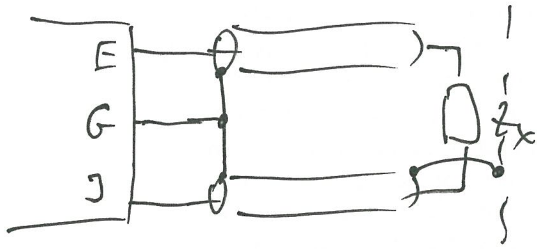
$U_{ki} = \frac{R_2}{R_1+R_2} U_{be}$, ha $R_1C_1 = R_2C_2$ 1



2 1

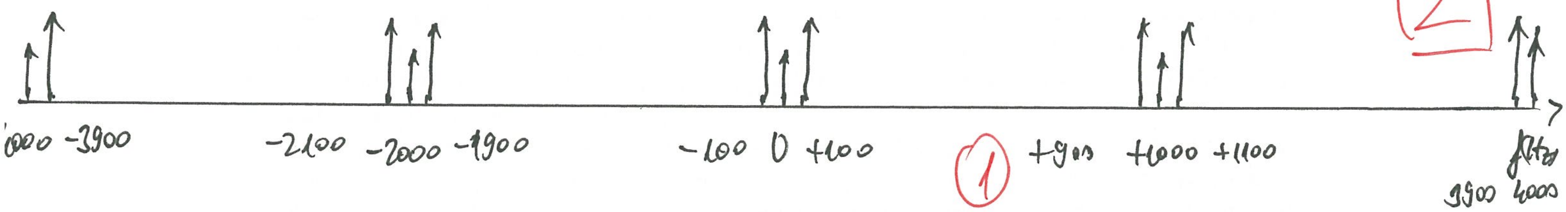
3.) $SNR = 10\lg\frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 10\lg\left(\frac{U_x^2}{U_n^2}\right) = 10\lg\left(\frac{U_p^2}{2\cdot U_n^2}\right) \cong 23\,dB$ 1

4.)



1

5.) $x(t)$: DC + AC, spektrumvonal -100 Hz, 0, $+100$ Hz frekvencián. 1 Mv-ezve: 2

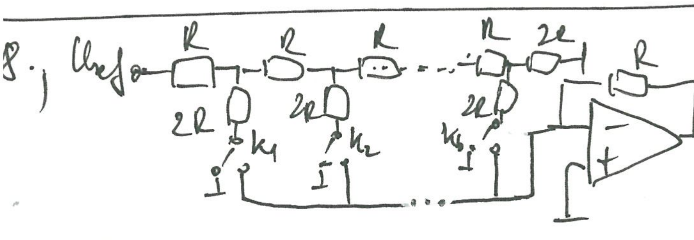


1

6.) A triggerpozíciót a képernyő közepére kell állítani, és az eltérítési sebességet megnövelni. 1

7.) Legyen a DFT pontszáma N, a mv. frekvencia f_s. A felbontás ekkor $\Delta f = \frac{f_s}{N}$. Legyen egy periodikus komponens frekvenciája f_x. Ha $f_x = k \cdot \Delta f$, $k = 0 \ldots N-1$, a DFT-ben nincs szivárgás. Ha $f_x \neq k\Delta f$, akkor minden spektrumpozícióban megjelenik $\neq 0$ érték. A megjelenő érték $\frac{\sin(N\pi(f'_x - f'))}{N\sin(\pi(f'_x - f'))}$ -fel arányos, ahol f' relatív frekvencia. 1

8.)

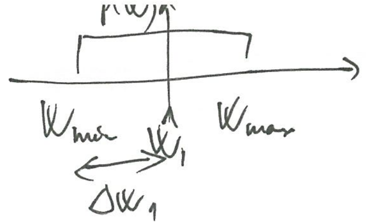


$U_{ki} = -\sum_{i=1}^{b} k_i \frac{U_{ref}}{2^i}$

$k_i = \begin{cases} \perp, & \text{ha } b_i = 0 \\ \to \text{erősítőhöz}, & \text{ha } b_i = 1 \end{cases}$

1

1.,



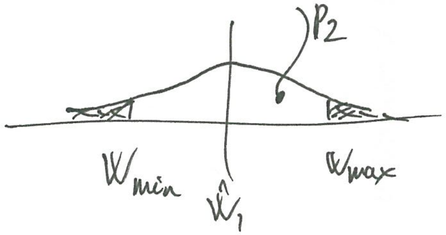
$$\hat{W}_1 = \frac{W_{min} + W_{max}}{2} = 110\ \text{kWh} \qquad \sigma_1 = \frac{\Delta W_1}{\sqrt{3}} = 5{,}774\ \text{kWh} \quad (1)$$

$$\hat{W} = N \cdot \hat{W}_1 = 28{,}16\ \text{MWh} \qquad \sigma = \sqrt{N}\cdot\sigma_1 = 92{,}38\ \text{kWh} \quad (1)$$

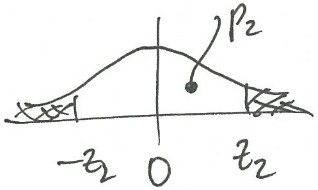
$$\Delta W = \underbrace{z_{0{,}005}}_{2{,}58}\cdot\sigma = 238{,}33\ \text{kWh} \qquad p\left[\hat{W} - \Delta W < W < \hat{W} + \Delta W\right] = p_1 = 99\% \quad (1)$$

$$p\left[27{,}922\ \text{MWh} < W < 28{,}398\ \text{MWh}\right] = 99\%$$

(5)



$\Rightarrow$



$$\sigma_1' = \frac{\Delta W_1}{z_2} \qquad \sigma' = \sqrt{N}\cdot\sigma_1'$$

(2)

$$\Delta W' = z_2 \cdot \sigma' = \cancel{z_2}\cdot\sqrt{N}\cdot\frac{\Delta W_1}{\cancel{z_2}} = \sqrt{N}\,\Delta W_1 = 160\ \text{kWh} \qquad p\left[\hat{W} - \Delta W' < W < \hat{W} + \Delta W'\right] = p_2$$

$$p\left[28{,}00\ \text{MWh} < W < 28{,}32\ \text{MWh}\right] = p_2$$

II.

$$|Z| = \frac{U}{I} = 7{,}219\ \text{k}\Omega \qquad \varphi = -2\pi\frac{\tau}{T} = -2\pi\tau\cdot f_x = -1{,}5080 = -86{,}4^\circ \quad (1)$$

$$|Y| = \frac{1}{|Z|} \qquad Y = |Y|\left[\cos\varphi - j\sin\varphi\right] = G + j\omega C = \frac{1}{R} + j\omega C$$

$$R = \frac{|Z|}{\cos\varphi} = 115{,}0\ \text{k}\Omega \quad (G = 138{,}698\ \mu\text{S})$$

$$C = -\frac{\sin\varphi}{|Z|\omega} = 22{,}00\ \text{nF}$$

(2)

$$-\varphi = 2\pi\frac{\tau}{T} \Rightarrow \frac{\Delta\varphi}{\varphi} = \frac{\Delta\tau}{\tau} + \underbrace{\frac{\Delta T}{T}}_{\emptyset}$$

$$\Delta\varphi = \varphi\cdot\frac{\Delta\tau}{\tau} = \varphi\cdot\frac{1}{\tau\cdot f_c} = 6{,}283\ \text{mrad} = 0{,}36^\circ \quad (1)$$

$$\frac{\Delta C}{C} = \underbrace{\frac{\Delta|Z|}{|Z|} + \frac{\Delta\omega}{\omega}}_{\emptyset} + \frac{\Delta\sin\varphi}{\sin\varphi} = \text{ctg}\,\varphi\,\Delta\varphi = 3{,}95\cdot10^{-4} \cong 0{,}04\% \quad (1)$$

(5)