Méréstechnika zárthelyi

A csoport

2012. december 5.

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. A mérési bizonytalanság szabványos kiértékelése során hogyan kell kezelni a rendszeres hibát? (1 pont)

2. Rajzold fel a Graetz-hidat (passzív kétutas egyenirányító), és jelöld be egyértelműen, hogy melyik a váltakozó áramú bemenet és melyik az egyenáramú kimenet! (1 pont)

3. $U_x = 20$ mV effektív értékű, $f_x = 15$ kHz frekvenciájú szinuszos jelet $U_n = 200$ mV effektív értékű, $B = 1$ MHz sávszélességű fehér zaj terhel. A zajjal terhelt jelet $f_{c,1} = 40$ kHz, illetve $f_{c,2} = 60$ kHz törésponti frekvenciájú, ideálisnak tekinthető sáváteresztő szűrővel szűrjük. Add meg a szűrt jel effektív értékét! (2 pont)

4. Feszültségmérésnél a dB-skála alapja $U_{\mathrm{ref}} = 0.775$ V. Hány dB-t mutat a műszer, ha $U_x = 2$ V-ot kapcsolunk rá? (1 pont)

5. Mérleget készítünk, de csak egyetlen nyúlásmérő ellenállásunk van. A méréshez hídkapcsolást építünk, a többi elem közönséges ellenállás. A hidat $U_T = 12$ V feszültségű generátorral tápláljuk. Mekkora a híd *pontos* kimenőfeszültsége, ha az ellenállások névleges értéke 600 Ω, az ellenállások relatív megváltozása pedig 0.2%? Add meg ilyen megnyúlás mellett a relatív linearitási hibát is! (2 pont)

6. Mit jelent az *in circuit* impedanciamérés, és legalább hány vezetékes mérést kell végezni, hogy a mérést ne terhelje az in circuit mérés miatti rendszeres hiba? (1 pont)

7. Egy R_t ellenállás által felvett teljesítményt volt- és ampermérő segítségével határozzuk meg olyan egyenáramú körben, ahol a teljesítménymérés rendszeres hibájának forrása a voltmérő. Rajzold fel ezt a kapcsolást! (1 pont)

8. Rajzold fel a szukcesszív approximációs AD-átalakító blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Csokimikulások tömegét vizsgáljuk. A csokimikulás-gyártó gép nem dolgozik pontosan, a gyártott figura tömegének várható értéke $m_1 = 10$ dkg, szórása $\sigma_1 = 0.3$ dkg, eloszlása normális.

a) Tegyük fel, hogy a gép egy nap $N_1 = 500$ figurát készít el. Add meg naponta gyártott mikulások össztömegére vonatkozó $p = 99\%$ szintű konfidenciaintervallumot!

b) Nem ismerjük ezeket az adatokat, de mintát veszünk négy egymást követő napon:

nap	hétfő	kedd	szerda	csütörtök
N (db)	500	500	500	500
m (kg)	49.89	50.16	49.98	50.06

Milyen $p = 99\%$ szintű konfidenciaintervallumot határozhatunk meg a naponta gyártott mikulások össztömegére vonatkozóan?

(5 pont)

II. Egy digitális impedanciamérés során az abszolút értéket már meghatároztuk, ez $|Z| = 63$ Ω-nak adódott, relatív hibája 0.1%. A mérést $f = 50$ Hz-en végeztük, a fázismérést időmérésre vezettük vissza. A mintavételezett szinuszhullámok közötti időt időintervallum-méréssel határoztuk meg, az órajelnek a mintavételi frekvencia felel meg, ez $f_s = 10$ kHz. Az időintervallumot csak egyszer mértük meg, értéke $\tau = 4$ ms.

a) Add meg az impedancia fázistolását!

b) Az impedancia induktív. Add meg az impedancia *párhuzamos RL* helyettesítőképét, az elemértékekkel együtt!

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

d) Mekkora az induktivitás 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

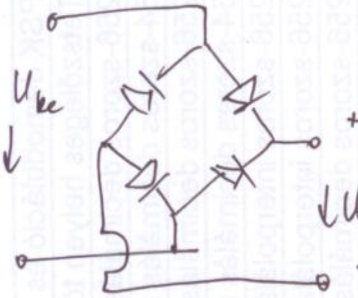
	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

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 $z \geq 1.29$.

A1.) A mérési eljárást leíró függvényt korrigálni kell, ki kell bővíteni a rendszer hibáit leíró mennyiségekkel és összefüggésekkel.

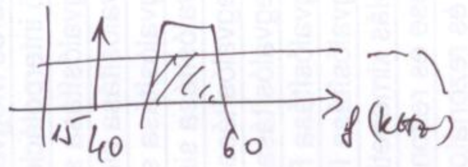
1

A2.)



1

A3.)



Csak a zajt engedi át a szűrő. 1

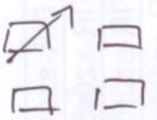
$$p_n' = \frac{f_{c2} - f_{c1}}{B} \cdot p_n \qquad U_{eff} = \sqrt{\frac{f_{c2}-f_{c1}}{B}} \cdot U_n = 28{,}28 \mathrm{mV}$$ 1

2

A4.) $U_x[dB] = 20 \lg \frac{U_x}{U_{ref}} \cong 8{,}29 \, dB$

1

A5.)



$|U_{ki}| = U_T \frac{h}{4+2h} = 5{,}994 \mathrm{mV}$ 1 $|U_{ki,lin}| = \frac{U_T}{4} \cdot h = 6 \mathrm{mV}$

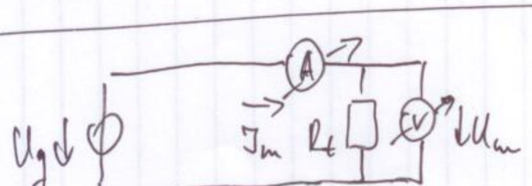
$\Delta U = 6 \mu V \qquad h_{lin} = \frac{\Delta U}{U_{ki}} = 0{,}1\%$ 1

2

A6.) Kétpólus impedanciájának meghatározása olyan módon, hogy a kétpólust nem emeljük ki a beágyazó hálózatból. Legalább 3 veszteséges mérést kell végezni.

1

A7.)

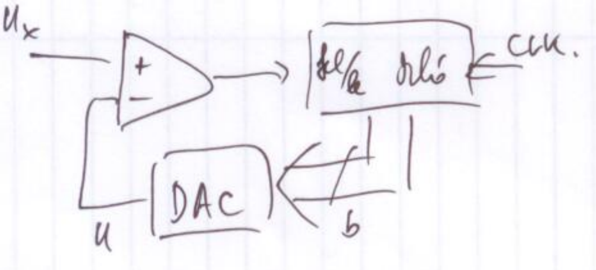


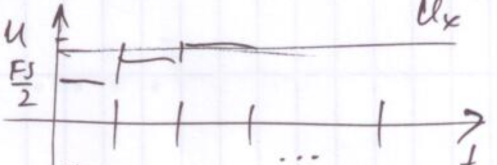
$U_m = U_{R_t}$

$I_m = I_{R_t} + I_V$

1

A8.)





1

$t_{átal} = 6 \cdot T$ átalakítási bitenként, MSB-től kezdve:

$\frac{FS}{2}, \frac{FS}{4}, \ldots, \frac{FS}{2^6}$

AI.) a) $\hat{M}_1 = N_1 \cdot m_1 = 50\,kg$ $\sigma_M = \sqrt{N_1}\cdot\sigma_1 = 0{,}067\,kg$ 1 C.H.T miatt M eloszlása is normális.

$\Delta M = \underbrace{z_{0{,}005}}_{2{,}58} \cdot \sigma_M \cong 0{,}1731\,kg$ A konfidenciaintervallum: $p\left[\hat{M} - \Delta M < M < \hat{M} + \Delta M\right] = 99\%$

$p\left[49{,}83\,kg < M < 50{,}17\,kg\right] = 99\%$ 1

b) Az adatok alapján $\hat{M} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} m_i = 50{,}023\,kg$ $s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(m_i - \hat{M})^2} \cong 0{,}1150\,kg$ $(N=4)$ 1

$\Delta M = \overbrace{t_{3;\,0{,}005}}^{5{,}826} \cdot \frac{s}{\sqrt{N}} \cong 0{,}3350\,kg$ ($3 = N-1$) $p\left[\hat{M} - \Delta M < M < \hat{M} + \Delta M\right] = 99\%$

$p\left[49{,}69\,kg < M < 50{,}36\,kg\right] = 99\%$ 2

5

AII.) $\varphi = 2\pi\frac{\tau}{T} = 2\pi\tau f = 1{,}2566 = 72°$ 1 $Z = |Z|e^{j\varphi} = |Z|\left[\cos\varphi + j\sin\varphi\right]$ $Y = \frac{1}{|Z|}\left[\cos\varphi - j\sin\varphi\right]$

$Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} \Rightarrow R = \frac{|Z|}{\cos\varphi} = 203{,}9\,\Omega$ $L = \frac{|Z|}{\omega\sin\varphi} = 210{,}9\,mH$ 2

$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} = \frac{\Delta\tau}{\tau} + \underbrace{\frac{\Delta T}{T}}_{\emptyset} = \frac{1}{\tau\cdot f_s}$ $\Delta\varphi = \varphi\cdot\frac{1}{\tau\cdot f_s} = 0{,}0314$ 1 | $\frac{\Delta\sin\varphi}{\sin\varphi} = \frac{\cos\varphi\cdot\Delta\varphi}{\sin\varphi} = ctg\,\varphi\cdot\Delta\varphi$

5

$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta|Z|}{|Z|} + \frac{\Delta\sin\varphi}{\sin\varphi} = \frac{\Delta|Z|}{|Z|} + ctg\,\varphi\cdot\Delta\varphi = 1{,}12\%$ 1

Méréstechnika zárthelyi

B csoport

2012. december 5.

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. A mérési bizonytalanság szabványos kiértékelése során a mért mennyiség standard bizonytalanságát „kiterjesztjük”, azaz $\Delta y = k \cdot u(y),\ k > 1$. Miért van erre szükség? (1 pont)

2. Rajzold fel a fázisérzékeny egyenirányító kapcsolási rajzát! Nevezd meg szövegesen az egyes egységeket, valamint add meg a bemeneti és a kimeneti jelek időfüggvényét! (1 pont)

3. $U_x = 2$ V effektív értékű, $f_x = 45$ kHz frekvenciájú szinuszos jelet $U_n = 200$ mV effektív értékű, $B = 1$ MHz sávszélességű fehér zaj terhel. Add meg a jel effektív értékét és jel-zaj viszonyát dB-ben! (2 pont)

4. Hangintenzitás mérésénél a dB-skála alapja $P_{\text{ref}} = 10^{-12}$ W (négyzetméterenként). Hány dB-t mutat a műszer, ha a négyzetméterenkénti hangteljesítmény $P_x = 3 \cdot 10^{-7}$ W? (1 pont)

5. Hőmérőt készítünk, 2 db hőellenállás felhasználásával. A méréshez hídkapcsolást építünk, a többi elem közönséges ellenállás. A hidat $U_T = 12$ V feszültségű generátorral tápláljuk. Mekkora a híd *pontos* kimenőfeszültsége, ha az ellenállások névleges értéke 600 Ω, az ellenállások relatív megváltozása pedig 0.2%? Add meg ilyen megváltozás mellett a relatív linearitási hibát is! (2 pont)

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

7. Egy R_t ellenállás által felvett teljesítményt volt- és ampermérő segítségével határozzuk meg olyan egyenáramú körben, ahol a teljesítménymérés rendszeres hibájának forrása az ampermérő. Rajzold fel ezt a kapcsolást! (1 pont)

8. Rajzold fel a párhuzamos AD-átalakító (flash-konverter) blokkvázlatát, és ismertesd működését! (1 pont)

I. Csokimikulások tömegét vizsgáljuk. A csokimikulás-gyártó gép nem dolgozik pontosan, a gyártott figura tömegének várható értéke $m_1 = 10 \pm 0.2$ dkg, eloszlása egyenletes.

- **a)** Tegyük fel, hogy a gép egy nap $N_1 = 500$ figurát készít el. Add meg naponta gyártott mikulások össztömegére vonatkozó $p = 90\%$ szintű konfidenciaintervallumot!
- **b)** Nem ismerjük ezeket az adatokat, de mintát veszünk 10 egymást követő napon. Az adatok alapján a csomagok tömegének átlaga $\overline{m} = 50.05$ kg, a tapasztalati szórás $s = 0.12$ kg. Milyen $p = 90\%$ szintű konfidenciaintervallumot határozhatunk meg a naponta gyártott mikulások össztömegére vonatkozóan?

(5 pont)

II. Egy digitális impedanciamérés során az abszolút értéket már meghatároztuk, ez $|Z| = 850$ Ω-nak adódott, relatív hibája 0.1%. A mérést $f = 400$ Hz-en végeztük, a fázismérést időmérésre vezettük vissza. A mintavételezett szinuszhullámok közötti időt időintervallum-méréssel határoztuk meg, az órajelnek a mintavételi frekvencia felel meg, ez $f_s = 10$ kHz. Az időintervallumot csak egyszer mértük meg, értéke $\tau = 0.6$ ms.

- **a)** Add meg az impedancia fázistolását!
- **b)** Az impedancia kapacitív. 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

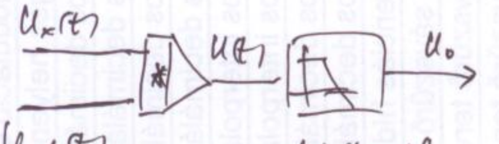
	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

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 $z \geq 1.29$.

B1.) $u(y)$ szórás jellegű mennyiség, egy általában normálishoz közelálló eloszlás esetében. Így egyszeres szóráshoz csak viszonylag alacsony konfidenciaszint tartozik. A kiterjesztéssel a mérési eredményünk reálisabban tulajdonítható szélesebb, magasabb konfidencia-szintű intervallumot tulajdoníthatunk.

1

B2.)



$$U_x(t) = U_{x,p}\cos(\omega t + \varphi)$$

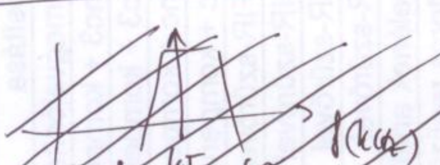
$$U_{ref}(t) = U_{ref,p}\cos\omega t$$

$$u(t) = K\cdot\frac{U_{x,p}U_{r,p}}{2}\left[\cos\varphi + \cos(2\omega t + \varphi)\right]$$

$$U_0 = K\cdot\frac{U_{x,p}U_{r,p}}{2}\cos\varphi$$

1

B3.)



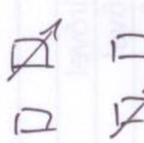
~~a zajt megszűri, a jelet átengedi~~

2

$$SNR = 10\lg\frac{P_{jel}}{P_{zaj}} = 20\lg\frac{U_x}{U_n} = 20\,dB$$ 1

$$U_{eff} = \sqrt{U_n^2 + U_x^2} = 2{,}01\,V$$ 1

B5.)



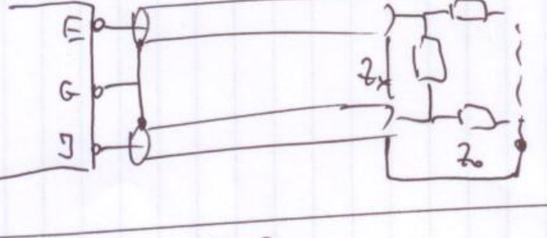
$$|U_{mi}| = U_T\frac{h}{2+h} = 11{,}988\,mV$$ 1

$$|U_{mi,lin}| = \frac{U_T}{2}h = 12\,mV$$

$$\Delta U = 12\,\mu V \qquad h_{lin} = \frac{\Delta U}{U_{mi}} = 0{,}1\%$$ 1

2

B6.)



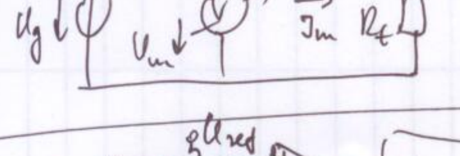
1

B4.)

$$p[dB] = 10\lg\frac{P_x}{P_{ref}} = 54{,}77\,dB$$

1

B7.)

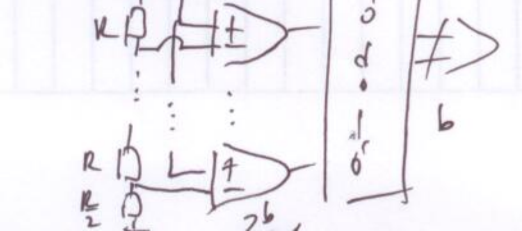


$$I_m = I_{R_t}$$

$$U_m = U_{R_t} + U_A$$

1

B8.)



U_{ref}-et $2^b R$ 2^b egyenlő részre osztja, ahhoz komparálják U_x-et. Az eredményt a kódoló binárisan kódolja.

1

B I.) a) $\hat{M} = N_1 \cdot M_1 = 50\,kg$ $\qquad \sigma_1 = \frac{\Delta m}{\sqrt{3}} = 0{,}115\,dkg$ (egyenletes elo.) 1 $\qquad \sigma_M = \sqrt{N_1} \cdot \sigma_1 = 0{,}0258\,kg$

$\Delta M = \underbrace{z_{0,05}}_{1,64} \cdot \sigma_M = 0{,}0423\,kg$ $\qquad$ A konfidenciaintervallum: $p[\hat{M} - \Delta M < M < \hat{M} + \Delta M] = 90\%$

$p[49{,}96\,kg < M < 50{,}04\,kg] = 90\%$ 2

5

b) $\hat{M} = \bar{m} = 50{,}05\,kg$ $\qquad \Delta M = \frac{s}{\sqrt{N}} \cdot \underbrace{t_{N-1,\,0,05}}_{1,833} \cong 0{,}070\,kg$

$p[\hat{M} - \Delta M < M < \hat{M} + \Delta M] = 90\%$

$p[49{,}98\,kg < M < 50{,}12\,kg] = 90\%$ 2

B II.) $\varphi = 2\pi \cdot \frac{\tau}{T} = 2\pi \tau \cdot f = 1{,}508 = 86{,}4°$ 1 $\qquad Z = |Z| e^{j\varphi} = |Z|[\cos\varphi + j\sin\varphi]$ $\qquad Y = \frac{1}{|Z|}[\cos\varphi - j\sin\varphi]$

$Y = \frac{1}{R} + j\omega C \Rightarrow R = \frac{|Z|}{\cos\varphi} = 13{,}54\,k\Omega$ $\qquad C = \frac{\sin\varphi}{|Z|\omega} = 467{,}2\,nF$ (φ előjelét a kapacitásnak megfelelően alakítjuk.) 2

$\frac{\Delta\varphi}{\varphi} = \frac{\Delta\tau}{\tau} + \underbrace{\frac{\Delta T}{T}}_{0} = \frac{1}{\tau f_s}$ $\qquad \Delta\varphi = \varphi \cdot \frac{1}{\tau \cdot f_s} = 0{,}2513$ 1 $\quad | \quad \frac{\Delta \sin\varphi}{\sin\varphi} = \frac{\cos\varphi \cdot \Delta\varphi}{\sin\varphi} = \mathrm{ctg}\,\varphi \cdot \Delta\varphi$

5

$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta |Z|}{|Z|} + \frac{\Delta \sin\varphi}{\sin\varphi} = \frac{\Delta |Z|}{|Z|} + \mathrm{ctg}\,\varphi \cdot \Delta\varphi = 1{,}68\%$ 1