Méréstechnika zárthelyi

A csoport

2014. május 16.

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 $\Delta y = k \cdot u(y)$, $k = 2$ vagy 3. Miért ezeket a számokat alkalmazzuk? (1 pont)

2. Mire alkalmas a digitális oszcilloszkópok *peak detect* funkciója? Ismertesd röviden a működését! (1 pont)

3. Rajzold le a feszültségváltó blokkvázlatát, és add meg a kimeneti és a bemeneti feszültség kapcsolatát a kapcsolás paramétereivel! Ideális esetben mi terheli a feszültségváltó kimenetét? (1 pont)

4. $U_x = 20$ mV effektív értékű, $f_x = 0.5$ kHz frekvenciájú szinuszos jelet $U_n = 200$ mV effektív értékű, $B = 600$ kHz sávszélességű fehér zaj terhel. A zajjal terhelt jelet $f_c = 0.6$ kHz töréspontú frekvenciájú, ideálisnak tekinthető aluláteresztő szűrővel szűrjük. Add meg a szűrt jel effektív értékét! (2 pont)

5. Rajzold fel annak a differenciaerősítőnek a kapcsolási rajzát, amelyben 2 db R és 2 db $15R$ értékű ellenállást használtunk fel! Add meg a kapcsolás erősítését is! (2 pont)

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

7. Rajzolj fel egy műveleti erősítővel felépített áram-feszültség átalakítót, és az ábra alapján add meg az áram és a feszültség közötti összefüggést! (1 pont)

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

I. Iskolai papírgyűjtés során összesen $N = 123$ gyerek hozott be újságpapírt. Csak egy 20 kg méréshatárú mérleg állt rendelkezésre, ezért a papír össztömegét nem egyszerre mérték le, hanem egyesével, és a felügyelő tanár mindig csak egész kg-okat írt fel, a törtrészt kerekítette. (Pl. 15.8 kg helyett 16 kg-ot írt fel.) Ezeket a mérési eredményeket összeadva azt állította, hogy összesen $m_0 = 1476$ kg papírt hoztak a gyerekek.

a) Add meg a begyűjtött papír össztömegére vonatkozó $p = 90\%$ szintű konfidenciaintervallumot!

b) Mézga apuka szerint megvan az össztömeg 1500 kg is, csak a kerekítési hibák miatt ilyen kevés. Igaza van-e Mézga apukának? Állításodat számítással támaszd alá!

(5 pont)

II. Egy digitális impedanciamérés során az abszolút értéket már meghatároztuk, ez $|Z| = 38.722\ \Omega$-nak adódott. A mérést $f = 50$ Hz névleges frekvencián végeztük, a fázismérést időmérésre vezettük vissza. A mintavételezett szinuszhullámok közötti időt időintervallum-méréssel határoztuk meg, az órajelnek a mintavételi frekvencia felel meg, ez $f_s = 100$ kHz. A gerjesztés periódusidejét és az időintervallumot egyszer mértük meg, ebből $\varphi = 71.95°$ adódott.

a) Az impedancia jól jellemezhető *soros RL* helyettesítőképpel. Add meg R és L értékét!

b) Kiderül, hogy a műszer valójában az f_s frekvenciát osztja le $N = 2048$-cal, és így állítja elő a gerjesztőjelet. Milyen rendszeres hibát okoz ez φ, R és L mérésében? Add meg a korrigált értékeket is!

c) Hogyan mérhető az impedancia abszolút értéke egy digitális műszerrel? Adj meg egy lehetséges módszert!

(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

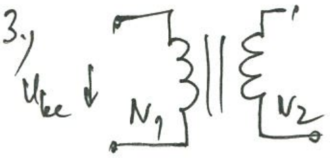
	$p = 0.4$	$p = 0.2$	$p = 0.1$	$p = 0.05$	$p = 0.025$	$p = 0.01$	$p = 0.005$	$p = 0.0005$
	0.25	0.84	1.29	1.64	1.96	2.24	2.58	3.20

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.) Normális eloszlás esetén $k=2$ 95%, $k=3$ 99,7% konf. szint-hez tartozik.
GUM szerint az eredő eloszlás közel normális, ezért elterjedt ez a választás. 1

A2.) Keskeny impulzusok megjelenítése. Az oszcilloszkóp a megjelenítési frekvenciánál sűrűbben mintavételez, és egy adott időintervallumba eső minták közül a min./max. értéket jelzi ki. 1

A3.)

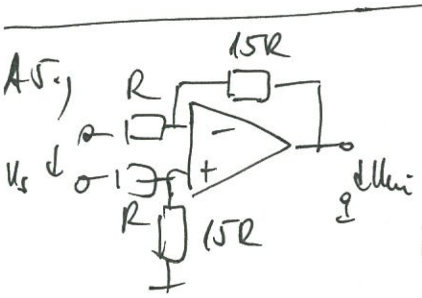


$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{N_2}{N_1}$ $R_{t,id.} = \infty$ 1

A4.) $U_x = 20mV$, $U_n = 200mV$ $U_m = \sqrt{U_x^2 + U_n^2 \cdot \frac{f_c}{B}} \cong 20,98\,mV$ 2

1 1

A5.)



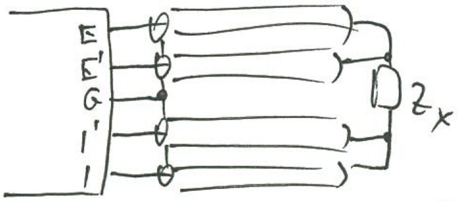
$A_u = -15$ rajz:

$A_u = -\frac{1}{15}$ rajz:

$A_u = -1$ stb. 2

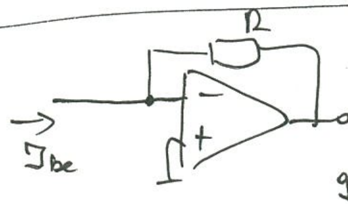
rajz: 1
ell.: 1

A6.)



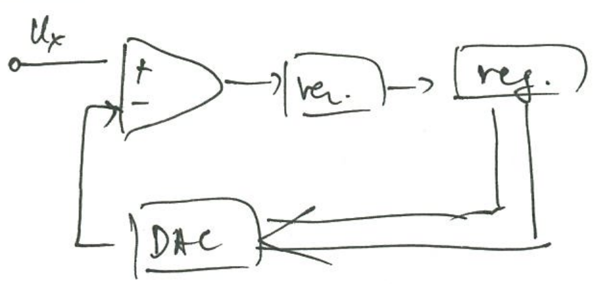
1

A7.)

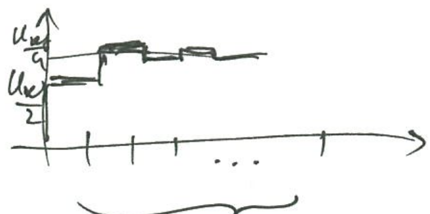


$U_{ki} = -I_{be} \cdot R$ 1

A8.)



vez.



b bit, b lépés

először MSB-t, aztán MSB-1-et stb. állítja be. 1

A I., $\hat{m} = m_0 = 1476\,kg$ $\quad \Delta m_1 = 0{,}5$, kerekítés => egyenletes eloszlás 1 $\quad \sigma_1 = \frac{\Delta m_1}{\sqrt{3}} = 0{,}2887\,kg$ 1

5

$\sigma_0 = \sqrt{N}\cdot\sigma_1 = 3{,}2016\,kg$ $\qquad \Delta m_0 = z_{0,05}\cdot\sigma_0 = 5{,}2506\,kg$ $\quad$ | $z_{0,05} = 1{,}64$ (norm. elo., CHT. miatt.)

$$p\left[\hat{m} - \Delta m_0 < m < \hat{m} + \Delta m_0\right] = 90\%$$ 2

$m_1 = 1500\,kg$ $\quad \Delta m_1 = m_1 - m_0 = 24\,kg$

$$p\left[1470{,}7\,kg < m < 1481{,}3\,kg\right] = 90\%$$

$z = \frac{\Delta m_1}{\sigma_0} \cong 7{,}50$

$\Delta m_{w.c} = N\cdot\Delta m_1 = 61{,}5\,kg$, $\quad m_{max} = \Delta m_{wc} + m_0 = 1537{,}5\,kg$ $\rightarrow$ m_1 nem lehetetlen, de valószínűsége ≈ 0. 1

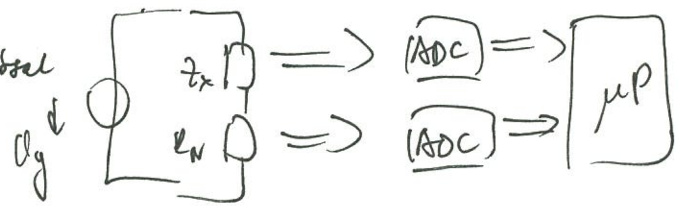
A II., $Z = |Z|e^{j\varphi} = |Z|[\cos\varphi + j\sin\varphi] = R + j\omega L$ => $R = |Z|\cos\varphi = 12\,\Omega$ $\quad L = \frac{|Z|\sin\varphi}{\omega} = 117{,}2\,mH$ 2

$f_{m,valódi} = \frac{f_s}{2048} \cong 48{,}83\,Hz$ $\qquad$ φ mérését nem befolyásolja => $\Delta\varphi = 0$ (aránymérés!)

R kifejezésében nem szerepel ω => $\Delta R = 0$ $\quad$ 2 $\quad$ 5

$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta\omega}{\omega} = -2{,}34\%$ $\qquad L' = 120\,mH$

A $|Z|$ mérése: feszültségösszehasonlítással



feldolgozás: eff. érték számítása a mv. jel alapján. 1

Méréstechnika zárthelyi

B csoport

2014. május 16.

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. Fogalmazd meg a centrális határeloszlás-tételt! (1 pont)

2. Mire alkalmas a digitális oszcilloszkópok *pre trigger* funkciója? Ismertesd röviden a működését! (1 pont)

3. Rajzold le az áramváltó blokkvázlatát, és add meg a kimeneti és a bemeneti áram kapcsolatát a kapcsolás paramétereivel! Ideális esetben mi terheli az áramváltó kimenetét? (1 pont)

4. $U_x = 20\,\mathrm{mV}$ effektív értékű, $f_x = 5\,\mathrm{kHz}$ frekvenciájú szinuszos jelet $U_n = 200\,\mathrm{mV}$ effektív értékű, $B = 60\,\mathrm{kHz}$ sávszélességű fehér zaj terhel. A zajjal terhelt jelet $f_c = 0.6$ MHz töréspont frekvenciájú, ideálisnak tekinthető aluláteresztő szűrővel szűrjük. Add meg a szűrt jel effektív értékét! (2 pont)

5. Rajzold fel annak a differenciaerősítőnek a kapcsolási rajzát, amelyben egy-egy R, $2R$, $4R$ és $8R$ értékű ellenállást használtunk fel! Add meg a kapcsolás erősítését 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. Rajzolj fel egy műveleti erősítővel felépített feszültség-áram átalakítót, és az ábra alapján add meg a feszültség és az áram közötti összefüggést! (1 pont)

8. Rajzold fel a párhuzamos AD-átalakító (flash-konverter) blokkvázlatát! Mi az egyes egységek feladata? (1 pont)

I. Iskolai papírgyűjtés alkalmával cél, hogy minden osztály pontosan 100 kg papírt adjon le. A mérlegelés során megállapították, hogy a leadott papírhalmok átlagos tömege $m = 100.45$ kg, tapasztalati szórása $s = 2.81$ kg. A halmok tömegének eloszlása normális, és összesen $N = 12$ osztály adott le papírt.

a) Add meg a papírhalmok átlagos tömegére vonatkozó $p = 90\%$ szintű konfidenciaintervallumot!

b) Kiderül, hogy mérést az udvaron végezték, és a sok állás alatt az esős időben a halmokra átlagosan $V = 1$ liter terfogatú, $\sigma = 0.2$ liter szórású, normális eloszlású vízmennyiség került. (A víz sűrűsége $\varrho = 1000\ \mathrm{kg/m^3}$.) Add meg a vízmennyiség levonása után a korrigált konfidenciaintervallumot is!

(5 pont)

II. Egy digitális impedanciamérés során az admittancia abszolút értéket már meghatároztuk, ez $|Y| = 7.540$ mS-nek adódott. A mérést $f = 1$ kHz névleges frekvencián végeztük, a fázismérést időmérésre vezettük vissza. A mintavételezett szinuszhullámok közötti időt időintervallum-méréssel határoztuk meg, az órajelnek a mintavételi frekvencia felel meg, ez $f_s = 1$ MHz. A gerjesztés periódusidejét és az időintervallumot $t_m = 100$ ms mérési idő alatt minden periódusban megmértük, ebből $\varphi = 89.37°$ adódott. Az admittancia abszolút értékét $h_a = 0.1\%$ véletlen hibával mérjük, a műszer órajelének véletlen hibája (amely azonban a mérés során állandó) $h_0 = 1000$ ppm. A műszer a gerjesztőjelet az f_s frekvencia $N = 1000$-edére osztásával állítja elő.

a) Az impedancia jól jellemezhető *párhuzamos RC* helyettesítőképpel. Add meg R és C értékét!

b) Add meg φ, R és C mérésének véletlen hibáját!

(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 $z \geq 1.29$.

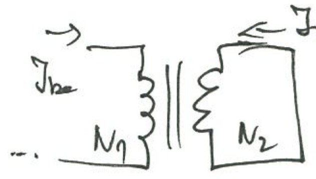
B1., Legyen x_i, $i=1..N$ val. vált., eloszlása tetszőleges. $y=\sum_{i=1}^{N} a_i x_i$ eloszlása, ha $a_i \approx 1$, közelítőleg normális.

1

B2., Triggeresemény előtti jelrészlet megjelenítése. Az oszcilloszkóp a memóriába folyamatosan mintavételez, így a triggerfeltételt teljesítő időpont előtti jelrészlet is hozzáférhető.

1

B3.,



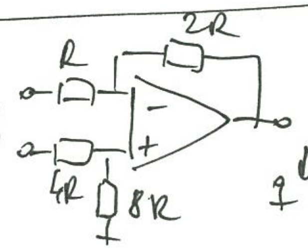
$\frac{I_{ki}}{I_{be}}=\frac{N_1}{N_2}$ $R_{t,id}=\emptyset$

1

B4., $U_x=20mV$ $U_n=200mV$, $f_c>B$, mert: $U_m=\sqrt{U_x^2+U_n^2}\cong 201mV$

1 1 2

B5.,



$A_u=-2$

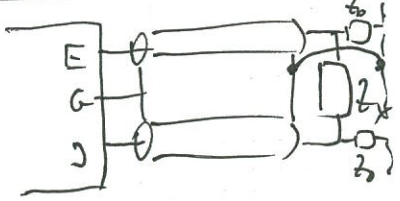
rajz: 1

ell.: 1

$A_u=-4$ stb.

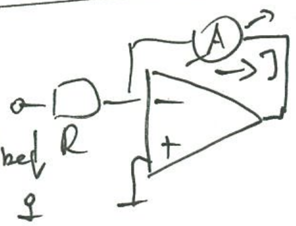
2

B6.,



1

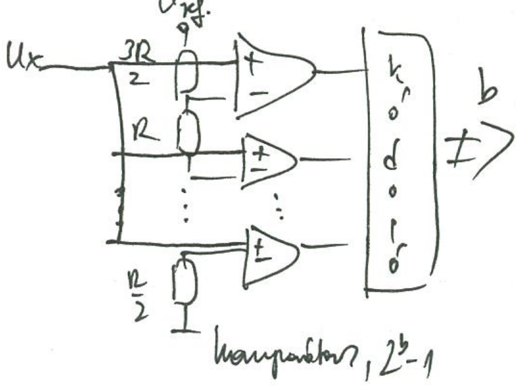
B7.,



$I=\frac{U_{be}}{R}$

1

B8.,



b bites ADC

Adott U_x mellett k felső és 2^b-1-k alsó komparátor 1/0-ban van, ezt a kódoló kódolja át bináris számmá.

1

B I. $\hat{m} = m = 100{,}45\,\mathrm{kg}$ $N=12 \Rightarrow$ Student-elo. $t_{N-1;\,0{,}05} = 1{,}796$ (1)

$$\Delta m = \frac{s}{\sqrt{N}} \cdot t_{N-1;\frac{\varepsilon}{2}} = 1{,}4569\,\mathrm{kg}$$

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

$$p[98{,}99\,\mathrm{kg} < m < 101{,}91\,\mathrm{kg}] = 90\%$$ (2)

5

$\hat{m}_v = 1\,\mathrm{kg}$ $\sigma_v = 0{,}2\,\mathrm{kg}$ $s^2 = s_0^2 + \sigma_v^2 \Rightarrow s_0 = \sqrt{s^2 - \sigma_v^2} = 2{,}8029\,\mathrm{kg}$

$\hat{m}_2 = \hat{m} - \hat{m}_v = 99{,}45\,\mathrm{kg}$ $\Delta m_2 = \frac{s_0}{\sqrt{N}} \cdot t_{N-1;\frac{\varepsilon}{2}} = 1{,}4532\,\mathrm{kg}$ $p[\hat{m}_2 - \Delta m_2 < m < \hat{m}_2 + \Delta m_2] = 90\%$

(2) $p[98{,}00\,\mathrm{kg} < m < 100{,}90\,\mathrm{kg}] = 90\%$

B II. $Y = |Y|e^{j\varphi} = |Y|[\cos\varphi + j\sin\varphi] = \frac{1}{R} + j\omega C \Rightarrow R = \frac{1}{|Y|\cos\varphi} = 12{,}06\,\mathrm{k\Omega}$ $C = \frac{|Y|\sin\varphi}{\omega} = 1{,}2\,\mu\mathrm{F}$ (2)

$\varphi = 2\pi\frac{\tau}{T} \Rightarrow \Delta\varphi = \varphi\left[\underbrace{\frac{\Delta T}{T}}_{\emptyset \text{ mert pontos leosztás}} + \frac{\Delta\tau}{\tau}\right] = \varphi\frac{1}{\sqrt{n}N} =$

$\tau = \frac{\varphi}{2\pi f}$ $\frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{1}{N} = \frac{1}{\tau \cdot f_s}$ $n = \frac{t_m}{T} = t_m \cdot f = 100$

5

$= \varphi\frac{1}{\tau \cdot f_s} = \frac{2\pi}{\sqrt{n}}\frac{f}{f_s} = 6{,}283 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{rad}$ (1)

ha nem számít (aránymérés!)

$$\frac{\Delta R}{R}_{w.c.} = \frac{\Delta|Y|}{|Y|} + \frac{\Delta\cos\varphi}{\cos\varphi} = \frac{\Delta|Y|}{|Y|} + \mathrm{tg}\,\varphi\,\Delta\varphi \approx 5{,}7\%\ !$$

$$\frac{\Delta C}{C}_{w.c.} = \frac{\Delta|Y|}{|Y|} + \frac{\Delta\omega}{\omega} + \underbrace{\mathrm{ctg}\,\varphi\,\Delta\varphi}_{\approx 6{,}9\,\mathrm{ppm}} \cong 0{,}2\%$$ (2)