

## Készüléktervezés

Zárthelyi dolgozat

2015. november 5.

Név, Neptun-kód	Felügyelő aláírása

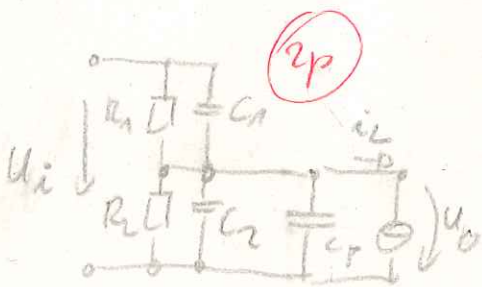
---	1.	2.	3.	4.	Σ	éremjegy
Max. pont	6	6	6	6	24	---
Elért pont						
Javító					---	---

A feladatok megoldásához papír, írószer, számológép használata megengedett, egyéb segédeszköz használata tiltott. A megoldásra fordítható idő: 90 perc. Az osztályozás a következő ponthatárok szerint történik:

0-9 pont	elégtelen (1)
10-12 pont	elégséges (2)
13-15 pont	közepes (3)
16-19 pont	jó (4)
20-24 pont	jeles (5)

Kérjük, hogy a megoldást arra a lapra írja, amelyen maga a feladat is szerepel. Ha a megoldásra szánt hely nem elegendő, akkor az adott lap másik oldala is használható, de ebben az esetben kérjük, hogy a feladat megoldásánál jelezze, hogy a másik oldalon is van feladat.

1.) Egy nagyfeszültségű impulzusgenerátor kimenő feszültségét nagy pontossággal és jó dinamikával szeretnénk mérni. Tervezzon galvanikusan nem leválasztott feszültség érzékelőt, ha a kimenet és a vezérlő elektronika nulla pontja azonos,  $U_i = 0.1 \text{ kV}$ ,  $U_o = 0.5 \text{ V}$ , előírt statikus pontosság 2%, előírt dinamikus pontosság 10%, az A/D váltó statikus bemeneti árama  $1 \mu\text{A}(\text{max})$ , bemenetére redukált kapacitás  $50 \text{ pF}(\text{max})!$



Statikus műtérés

Ideális eset:  $\frac{U_o}{U_i} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$  (I.)

Bemeneti áram elosztás hiánya:

$$I_{in} \cdot U_{o \text{ max}} \geq (R_1 \times R_2) \cdot i_{L \text{ max}}$$

(II.)  $\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \leq \frac{0.02 \cdot 5}{1 \mu} = 100 \text{ k}\Omega$

(II./I.)

$$R_1 = \frac{U_o}{U_i} \leq 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 \leq \frac{1 \text{ kV}}{5 \text{ V}} \cdot 100 \text{ k}\Omega =$$

$$= 20 \text{ M}\Omega \quad (1 \text{ p})$$

Legyen  $R_1 = 10 \text{ M}\Omega$ !

$$R_2 = \frac{U_o}{U_i} \cdot R_1 = \frac{U_o \cdot R_1}{U_i - U_o}$$

$$1 - \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_i - U_o}{U_i} \quad (1 \text{ p}) = 50.2 \text{ k}\Omega$$

Dinamikus műtérés

II.  $C_{r \text{ max}} / \Delta d \leq C_1 + C_2$

I.  $\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{U_o}{U_i}$

II.  $C_1 \geq \frac{C_{r \text{ max}} \cdot U_o}{\Delta d \cdot U_i} = \frac{50 \text{ pF} \cdot 5}{0.1 \cdot 1 \text{ k}} = 2.5 \text{ pF}$ . Legyen  $C_1 = 10 \text{ pF}$  (ph.)! (1 p)

$$C_1 + C_2 = C_1 \cdot \frac{U_i}{U_o} \Rightarrow C_2 = C_1 \cdot \left( \frac{U_i}{U_o} - 1 \right) = 10 \text{ pF} \cdot \left( \frac{1 \text{ k}}{5} - 1 \right) = 1.99 \text{ nF} \rightarrow C_2 = 2 \text{ nF} \quad (1 \text{ p})$$

2.) Egy napelemes rendszerhez egy feszültségnövelő kapcsolóüzemű DCDC átalakítót illesztünk. A Boost konverterbe 1mH-es induktivitást kell beépíteni, amelyen 6A középértékű áram folyik át és a rajta fellépő 40kHz-es kapcsolási frekvenciás áramhullámosság csúcstól csúcsig vett értéke 2A. A fojtón megengedhető maximális áramsűrűség 4A/mm<sup>2</sup> és a tekercselés során k<sub>T</sub>=0,75-ös tekercskitöltési tényezőt tudunk biztosítani. A tekercset N27-es anyagú ferrit magon szeretnénk megvalósítani és a megengedett maximális indukciót 0,3T-nak választjuk. A 30°C-os környezeti hőmérséklet figyelembe véve F osztályú (155°C) szigetelésre tervezzük a konstrukciót. A tekercselőhuzal anyaga réz, melynek fajlagos ellenállása 0.0175Ωmm<sup>2</sup>/m.

A raktárkészleten a következő ferritek állnak rendelkezésre:

- EE-21 mag:** A<sub>V</sub>=1.49cm<sup>2</sup>, A<sub>A</sub>=1.643cm<sup>2</sup>, A<sub>V</sub>A<sub>A</sub>=2.448cm<sup>4</sup>, B<sub>max</sub>=0.3T, l<sub>V</sub>=7.75cm, l<sub>cu</sub>=8.1cm, A<sub>fe</sub>=60.9cm<sup>2</sup>, m<sub>fe</sub>=57g, k=5.597e-4, m=1.43, n=2.85, K1=350, K2=-0.72,
- EC-52 mag:** A<sub>V</sub>=1.8cm<sup>2</sup>, A<sub>A</sub>=3.04cm<sup>2</sup>, A<sub>V</sub>A<sub>A</sub>=5.472cm<sup>4</sup>, B<sub>max</sub>=0.3T, l<sub>V</sub>=10.3cm, l<sub>cu</sub>=9cm, A<sub>fe</sub>=106.5cm<sup>2</sup>, m<sub>fe</sub>=111g, k=4.316e-5, m=1.64, n=2.68, K1=370, K2=-0.72,
- ETD-59 mag:** A<sub>V</sub>=3.677cm<sup>2</sup>, A<sub>A</sub>=5.186cm<sup>2</sup>, A<sub>V</sub>A<sub>A</sub>=19.068cm<sup>4</sup>, B<sub>max</sub>=0.3T, l<sub>V</sub>=13.9cm, l<sub>cu</sub>=12.9cm, A<sub>fe</sub>=163.1cm<sup>2</sup>, m<sub>fe</sub>=260g, k=1.98e-3, m=2.42, n=2.86, K1=395, K2=-0.72,

- Határozza meg az induktívitás áramának csúcserőértékét és effektív értékét!
- Határozza meg mekkora minimális méretű ferromágneses anyagra van szükség!
- Válassza ki, hogy melyik ferrit anyagra lehet a fenti paraméterekkel rendelkező induktívitást megvalósítani!
- Határozza meg mekkora minimális légrést kell az induktívitásba beépíteni!
- Határozza meg a szükséges menetszámot!
- Mekkora minimális vezeték-keresztmetszetre van szükség? Milyen típusú huzalt választana?
- Határozza meg a tekercselőhuzal ellenállását és az induktívitásból keletkező rézvesztéseket! (Közéltésként feltételezhetjük, hogy a kapcsolási frekvenciás áram is a teljes vezeték keresztmetszeten átfolyik)
- Határozza meg mekkora maximális kapcsolási frekvenciás indukció lép fel a ferritben!
- Határozza meg a ferritben létrejövő hiszterézis és örvényáramú veszteséget!
- Közelítőleg mekkora lesz a fojtó hőmérséklete és megfelel-e az F osztályú szigetelési előírásnak?

Használható összefüggések:

$$A_V A_A = \frac{L I_{max} I_{RMS}}{k_T j_{max} B_{max}}; \delta = \frac{\mu_0 k_T k_I j_{max} (A_V A_A)_{min}}{B_{max}}; k_I = \frac{I_{max}}{I_{RMS}}; A_L = K_1 \delta [mm]^{-K_2}; L = N^2 A_L;$$

$$I_{RMS} = q j_{max}; B_{ACmax} = \frac{I_{ACmax} \mu_0 N}{\delta}; \left[ \frac{W}{kg} \right] = k f^m B_{ACmax}^n; P_{fe} = \left[ \frac{W}{kg} \right] m_{fe};$$

$$\Psi_t \left[ \frac{W}{cm^2} \right] = \frac{P_{cu} + P_{fe}}{A_{fe}};$$

$$\Delta T_{fojtó} = 450 \Psi_t^{0.826}$$

$$1.) \hat{I}_L = I_{DC} + \frac{\Delta I_L}{2} = 7A, I_{L,RMS} = \sqrt{I_{DC}^2 + \left( \frac{\Delta I_L}{2\sqrt{3}} \right)^2} = 6.027A$$

$$2.) (A_V A_A)_{min} = \frac{L \cdot I_{max} \cdot I_{RMS}}{k_T \cdot j_{max} \cdot B_{max}} = 1.688cm^4 \quad (0.4p)$$

$$3.) EC-52 mag a megfelelő \quad (0.3p)$$

$$4.) \delta_{min} = \frac{\mu_0 k_T k_I j_{max}}{B_{max}} \cdot \frac{(A_V A_A)_{min}}{A_V} = 3.8mm \quad (0.4p)$$

$$5.) A_L = K_1 \delta^{-K_2} = 370 \cdot 3.8^{-0.72} = 141,4 \mu H \quad (0.3p)$$

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = 84 \text{ menet} \quad (0.3p)$$

$$6.) q_{huzal} = \frac{I_{RMS}}{j_{max}} = 1.5 \text{ mm}^2, \text{ támasz megfelel a hisz fe áram érték} \quad (0.3p)$$

$$7.) R_{cu} = \rho \cdot \frac{N \cdot l_{cu}}{q_{huzal}} = 87,8m\Omega \quad (0.4p)$$

$$P_{cu} = R_{cu} I_{RMS}^2 = 3,19W \quad (0.3p)$$

$$8.) B_{ACmax} = \frac{I_{ACmax} \mu_0 N}{\delta} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 84}{3.8mm} = 27mT \quad (0.5p)$$

$$9.) \frac{W}{kg} = k \cdot f^m \cdot B_{ACmax}^n = 9,53 \cdot 10^{-2} \text{ W/kg} \quad (0.4p)$$

$$P_{RE} = \frac{W}{kg} \cdot m_{fe} = 196mW \quad (0.3p)$$

$$10.) \Psi_t = \frac{P_{cu} + P_{fe}}{A_{fe}} = 30,1 \frac{mW}{cm^2} \quad (0.3p)$$

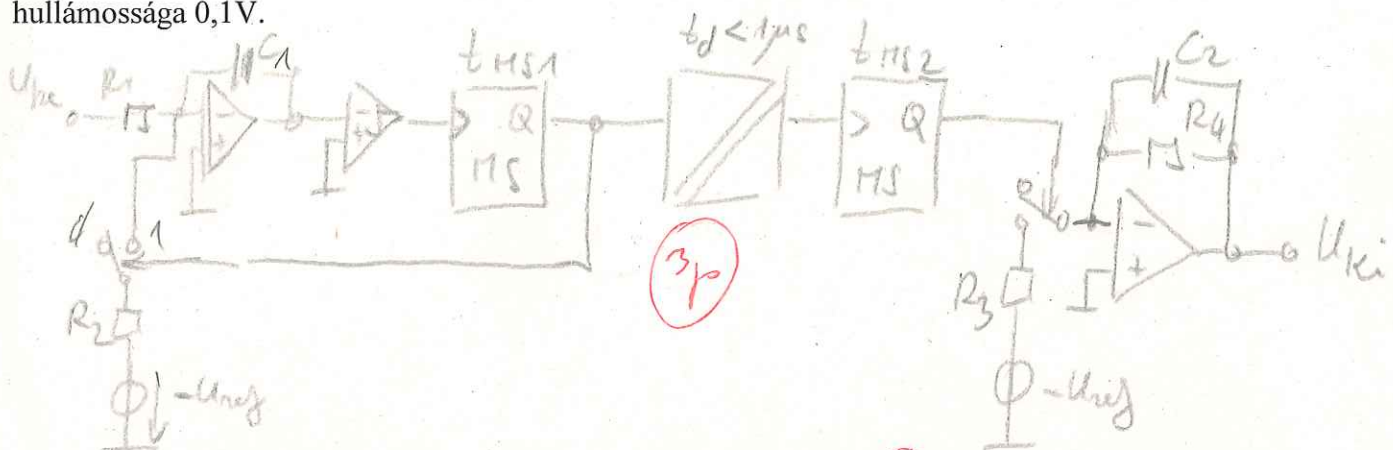
$$\Delta T_{fojtó} = 450 \Psi_t^{0.826} = 24,9^\circ C \quad (0.3p)$$

$$T_{fojtó} = T_{re} + \Delta T_{fojtó} = 30 + 24,9 \approx 55^\circ C \quad (0.3p)$$

$$T_{fojtó} < 155^\circ C \text{ (Fontály)} \rightarrow \text{megfelel} \quad (0.3p)$$

3.) Ismertesse a VFC alapú galvanikusan leválasztott érzékelés elvi vázlatát! Felhasználható elemek (nem kell mindent felhasználni): műveleti erősítő, analóg kapcsoló, optikai csatoló (max. 1us késleltetéssel), D tároló, monostabil multivibrátor, referencia feszültség (10V-os), számláló, szinuszos oszcillátor (1MHz-es), ellenállás, kondenzátor, komparátor, tápfeszültség. Méretezze a kapcsolást a következő feltételeknek megfelelően: a bemeneti feszültség tartomány 0-tól 10V, a bemeneti áram legfeljebb 1mA, a kimeneti feszültségtartomány 0-tól 10V, a kimeneti feszültség maximális hullámossága 0,1V.

3.) Ismertesse a VFC alapú galvanikusan leválasztott érzékelés elvi vázlatát! Felhasználható elemek (nem kell mindent felhasználni): műveleti erősítő, analóg kapcsoló, optikai csatoló (max. 1µs késleltetéssel), D tároló, monostabil multivibrátor, referencia feszültség (10V-os), számláló, szinuszos oszcillátor (1MHz-es), ellenállás, kondenzátor, komparátor, tápfeszültség. Méretezze a kapcsolást a következő feltételeknek megfelelően: a bemeneti feszültség tartomány 0-tól 10V, a bemeneti áram legfeljebb 1mA, a kimeneti feszültségtartomány 0-tól 10V, a kimeneti feszültség maximális hullámossága 0,1V.



$$R_1 \geq \frac{U_{be}}{I_{be\max}} = \frac{10}{1\text{mA}} = 10\text{k}\Omega. \text{ Legyen } R_1 = 20\text{k}\Omega! \text{ (pl.) } \textcircled{1r}$$

$$t_{MS1} = t_{MS2} > t_d = 1\mu\text{s}. \text{ Legyen } t_{MS1} = t_{MS2} = 2\mu\text{s}! \textcircled{0,5r}$$

$$\text{A max. frekvencián } \frac{1}{T_{\min}} = T_{\min} > t_{MS1}. \text{ Legyen } T_{\min} = 2t_{MS1}. f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} = \frac{1}{2 \cdot 2\mu\text{s}} = 250\text{kHz}$$

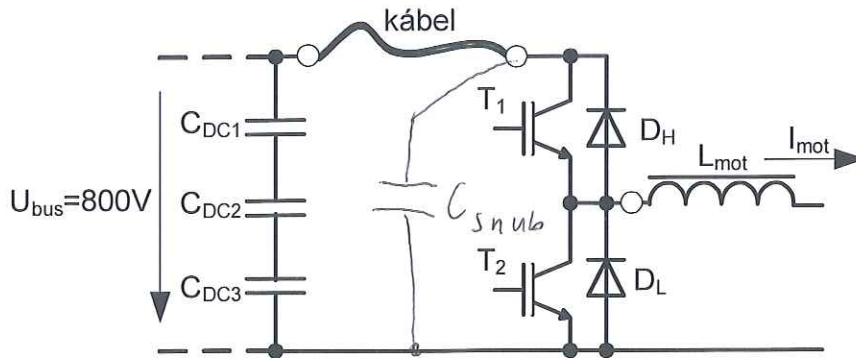
$$\text{A max. frekvencián } d = t_{MS} \cdot f_{\max} = 0,5, \text{ tehát } \frac{U_{ki}}{R_2} \cdot d_{\max} = \frac{U_{be\max}}{R_1} \Rightarrow R_2 = R_1 \cdot \frac{10}{0,5} = 20\text{k}\Omega \textcircled{0,5}$$

$$\text{Hasonlóan } R_4 = \frac{U_{ki\max}}{U_{ref}} \cdot \frac{1}{d_{\max}} \cdot R_2. \text{ Legyen } R_3 = 10\text{k}\Omega, R_4 = \frac{10}{10} \cdot \frac{1}{0,5} \cdot 10\text{k} = 20\text{k}\Omega \textcircled{0,5}$$

$$\Delta U_{ki\max} \approx \frac{R_4}{R_3} \cdot U_{ref} \cdot \frac{t_{MS}}{C_2 \cdot R_4}, \text{ tehát } C_2 \geq \frac{20\text{k}}{10\text{k}} \cdot \frac{10}{0,1} \cdot \frac{2\mu}{20\text{k}} = 20\mu\text{F}. \textcircled{+1r}$$

2 GP

Egy frekvenciaváltó berendezéssel motort szeretnénk forgatni. A berendezés közbülső DC busza és az egyik fázisához tartozó hídág főköri kapcsolása a következő:



A DC buszt három egyforma elektrolit kondenzátorból ( $C_{DC1}$ ,  $C_{DC2}$ ,  $C_{DC3}$ ) álló soros ELKO telep szűri. A kondenzátorok tulajdonságai a kapcsolási frekvencián:

- $C = 10000\mu F$
- $U_{max} = 350V$
- $ESL = 100nH$
- $ESR = 30m\Omega$

A DC buszt a hídághoz egy viszonylag hosszú kábellel tudtuk csak bekötni. A kábel ellenállása  $100\ m\Omega$ , induktivitása  $200nH$ . A motor fázis tekercsén folyó áram csúcsértéke a  $T_1$  IGBT kikapcsolásának pillanatában maximum  $20A$ .

*(Hol)* Hogyan és milyen alkatrészsel kell kiegészíteni az áramkört ahhoz, hogy  $T_1$  kikapcsolásának pillanatában  $T_1$  záró irányú kollektor - emitter feszültsége ne haladja meg a  $850V$ -ot? Méretezze az alkatrészt!

*Amelyekes áramkörök kivétel még milyen paramétereik fontosak az alkatrészhez?*  
 Ismertesse a schoop-olt kondenzátorok felépítését! Milyen anyagból készülnek?  
 Milyen feladatra érdemes használni ezeket és miért?

*Milyen en felépítésű alkatrészt javasol, miért?*  
 $C_{snub}$  kondenzátorral egészítjük ki az áramkört.  
 (Lásd: rajz) **7P**

$$I_{mot, max} = 20A$$

$$L_{bus} = 3 \cdot ESL + L_{kábel} = 3 \cdot 100nH + 200nH = 500nH. \quad \text{7P}$$

$$\Delta V_{b, max} = 850V - 800V = 50V \quad \text{7P}$$

$$\frac{1}{2} L_{bus} \cdot I_{max}^2 = \frac{1}{2} C_{snub} \cdot \Delta V_{b, max}^2 \quad \text{7P}$$

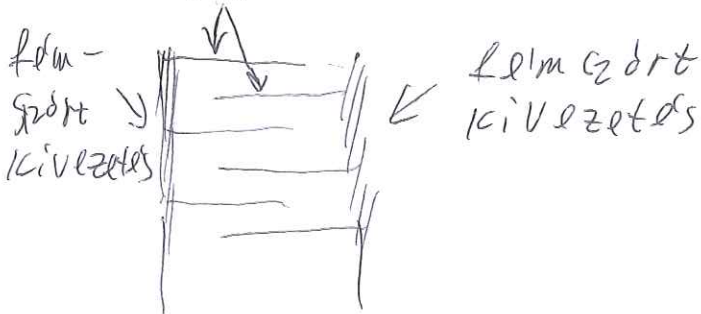
$$C_{snub} > L_{bus} \cdot \frac{I_{max}^2}{\Delta V_{b, max}^2} = 500nH \cdot \frac{20^2 A^2}{50^2 V^2} = 80nF \rightarrow 100nF$$

*Vál a sz. társá elegendő.*

*ELmé'le'fi: 7P* : ESL és ESR fontos.  
 Impulzus üzemi készült kondenzátorok

# Schoop-olt kondenzátorok:

"Fém szőrt" kondenzátor. Az egyes rétegekben a fegyverzetek külön ki vannak vezetve, és a tekercs vagy több két szelvény fém szőréssel vannak összekötve.  
fegyverzetek.



Dielektrikum: műanyag fólia, erre a fegyverzet fel is gözülhető.

Előnyök: alacsony ESR és ESL.

Hátrány: drágább, nagyobb méret.

Impulzus üzemi, illetve nagyfrekvenciás alkalmazásokhoz.