

## Zusatzaufgabe zur Übungseinheit vom 2. 5. 2012:

Wie per e-mail verständigt wird Beispiel 3.5 als freiwillige Hausübung gegeben. Da es sich um ein gesamtes Übungsbeispiel handelt, werden für jede richtigen Lösung 4 Punkte vergeben. Lösungen können bis 9. 5. 2012 um 12:00 per e-mail an [graber@tugraz.at](mailto:graber@tugraz.at) abgegeben werden. Nach dem Abgabetermin werden die Lösungen veröffentlicht.

**Beispiel 3.5**

Von einem dielektrischen Wandler sind folgende Kenndaten bekannt:

Membranradius  $r_M = 9 \text{ mm}$ , Membranabstand  $x_{\perp} = 30 \text{ } \mu\text{m}$ , Membranmasse  $m = 1 \text{ mg}$ ,

Membransteifigkeit  $s = 50 \text{ kN/m}$ , Reibwiderstand der Membran  $R_m = 0,5 \text{ Ns/m}$ .

Polarisationsspannung am Plattenkondensator  $U_{\perp} = 48 \text{ V}$ , Zuleitungskapazität  $C_Z = 1 \text{ pF}$ .

- a) Geben Sie das elektromechanische Ersatzschaltbild (ESB) für den realen dielektrischen Wandler an und das elektrische ESB für FU-Analogie
- b) Bestimmen Sie die Wandlerkonstante  $\alpha$  und alle Bauteilwerte für das elektrische ESB. (Dielektrizitätskonstante für Luft:  $\varepsilon_L \approx \varepsilon_0 = 8,8542 \text{ pF/m}$ ).

*eingegangene Lösungen auf den Folgeseiten*

Lösung 1 von 3 (3,5 von 4 Punkten):  
 Andreas Fuchs (Rechenfehler bei  $R_M$ )

Andreas FUCHS  
9773819

EA - HÜ

3.5

a) elektromechanisches ESB

elektrisches ESB

b)  $\alpha = \frac{U_z}{x_z} = \frac{48V}{30\mu m} = 1,6 \cdot 10^6 \frac{KV}{mm}$

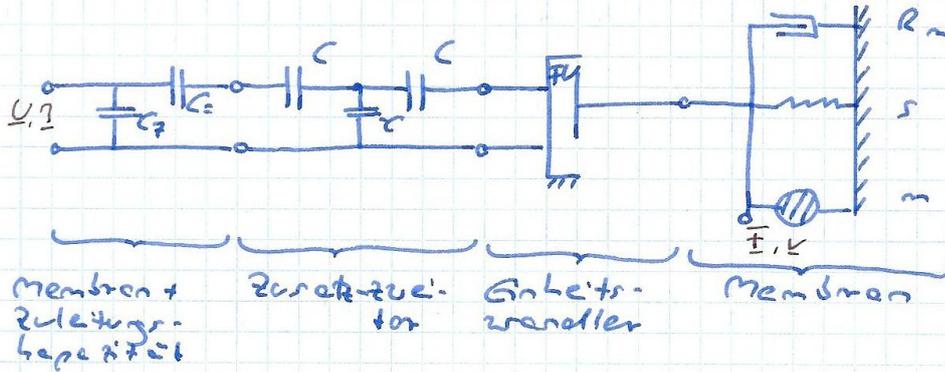
vereinfachtes elektrisches ESB  $C = C_z \Rightarrow N_u = C_z \cdot \alpha$

$C_z = 1 \text{ pF}$   
 $C_z = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{x_z} = \frac{\epsilon_0 \cdot (9 \text{ mm})^2 \pi}{30 \mu \text{ m}} = 75,1 \text{ pF} \Rightarrow N_u = 120,166 \cdot 10^{-6} \frac{F \cdot V}{m}$   
 $C_M = \frac{N_u^2}{s} = \frac{N_u^2}{50 \text{ kN/m}} = 0,28879 \text{ pF} = \frac{F \cdot V}{m} = \frac{As \cdot V}{mV} = \frac{Vs}{mV} = \frac{N}{V}$   
 $C_M^* = \frac{C \cdot C_M^*}{C + C_M^*} = 0,28913 \text{ pF}$   
 $L_M = \frac{m}{N_u^2} = \frac{1 \text{ mg}}{N_u^2} = 69,2529 \text{ H}$   
 $R_M = \frac{R_m}{N_u^2} = \frac{0,5 \frac{Ns}{m}}{N_u^2} = 34,6262 \Omega$

Lösung 2 von 3 (3,5 von 4 Punkten):  
Theresa Loss (Rechenfehler bei  $R_M$ )

## Lösung zu Beispiel 3.5

### a) Elektromechanisches Ersetzschaltbild

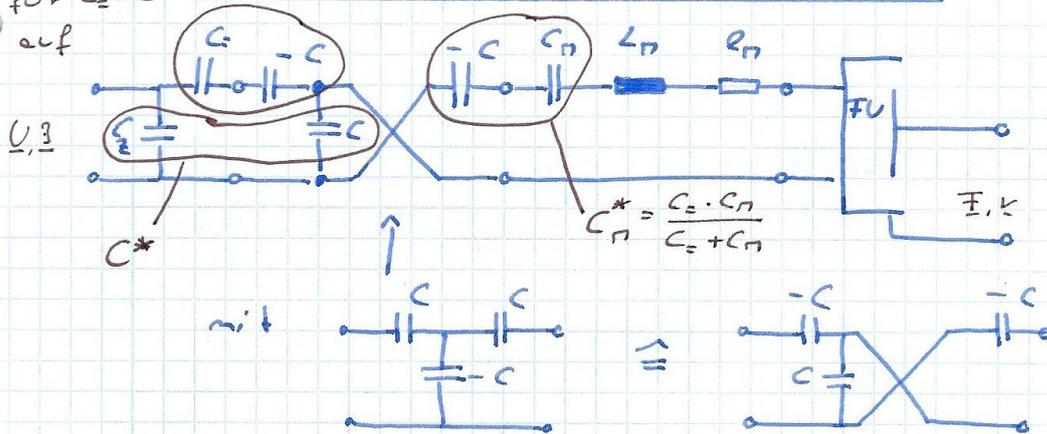


physikalisch: diel. Wandler ist eigentlich  
FU - Wandler

Zusatzzeitor: wandelt  $I \rightarrow U$   
→ daher wird der FU - Gleit-  
wandler verwendet

hebt sich  
für  $C_1 = C_2 = C$   
auf

### Elektrisches Ersetzschaltbild



b) Bestimmung der Bauteilwerte

geg. :  $r_n = 3 \text{ mm}$   $s = 50 \frac{\text{V}}{\text{m}}$   
 $x_n = 30 \mu\text{m}$   $R_m = 0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}$   
 $m = 1 \text{ mg}$   $U_n = 48 \text{ V}$   
 $C_2 = 1 \text{ pF}$

Wandeleigenschaften  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{U_n}{x_n} = \frac{48 \text{ V}}{30 \mu\text{m}} = 1,6 \frac{\text{V}}{\mu\text{m}}$$

$$N_L = C_2 \cdot \alpha \Rightarrow C_2 = \epsilon \cdot \frac{A}{x_n}$$

$$= 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot \frac{(3 \text{ mm})^2 \cdot \pi}{30 \mu\text{m}}$$

$$= 75,1 \text{ pF} \quad \left[ \frac{\text{As}}{\text{V}} \right]$$

$$\Rightarrow N_L = 1,6 \frac{\text{V}}{\mu\text{m}} \cdot 75,1 \text{ pF} = 0,00012 \frac{\text{As}}{\text{m}}$$

$$\text{mit } \left[ \frac{\text{As}}{\text{m}} \right] \hat{=} \left[ \frac{\text{Vs}}{\text{V}} \right]$$

Bauteilwerte

$$R_M = \frac{R_m}{N_L^2} = \frac{0,5 \frac{\text{Vs}}{\text{m}}}{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2} = 34,72 \text{ k}\Omega$$

$$L_n = \frac{m}{N_L^2} = \frac{1 \text{ mg}}{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2} = 69,4 \text{ H}$$

$$C_n = \frac{N_L^2}{s} = \frac{(0,00012 \frac{\text{Vs}}{\text{m}})^2}{50 \frac{\text{V}}{\text{m}}} = 0,288 \text{ pF}$$

**Lösung 3 von 3 (2 von 4 Punkten):**

Thomas Mayr (Ansatzfehler bei  $C_2$ , Folgefehler für  $N_U$  und alle Bauteilwerte, Berechnung mit  $N_U = 1$  ist falsch)

EL EKTROAKUSTIK ÜBUNG - 5.2012

MAYA THOMAS  
087

BEIS 3.5

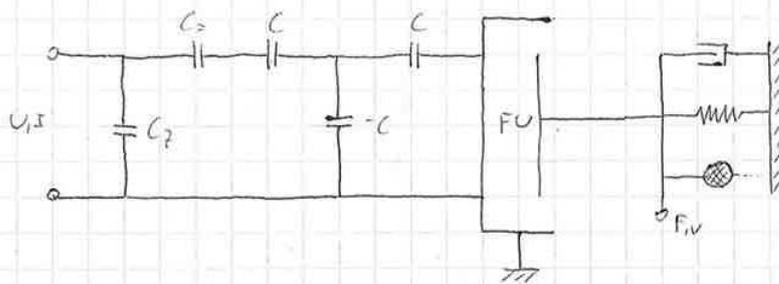
DIELEKTRISCHE WALE

$r_H = 9 \text{ mm}$   $s = 50 \text{ KN/m}$   $U_1 = 18 \text{ V}$

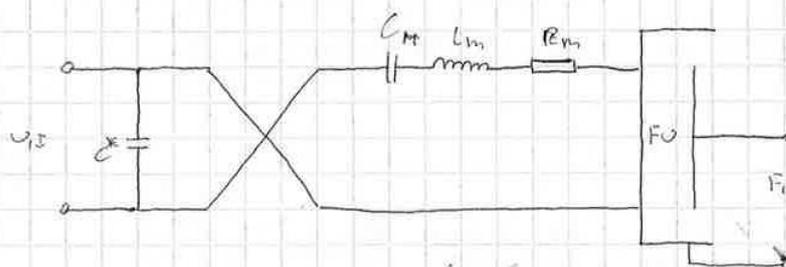
$= 30 \mu\text{m}$   $R_m = 0,1 \text{ Ns/m}$   $C_2 = 1 \text{ p}$

$m = 1 \text{ mg}$

a) ELEKTROMECHANISCHES ES



MECHANISCHES ES



$$C^* = C_2 \parallel C$$

$$C_n^* = \frac{C_2 \cdot C_n}{C - C_n}$$

$$b) \quad d = \frac{U_z}{x_z} = \frac{48V}{30\mu m} = \underline{\underline{1,6 \cdot 10^6 V/m}}$$

GERECHNET  
MIT  $N_{O_2} = 1$

$$R_H = \frac{R_m}{N_{O_2}^2} = \frac{0,5 Ns/m}{1 N^2/V^2} = \underline{\underline{0,5 \Omega}} \rightarrow \frac{Ns \cdot V^2}{N^2 m} = \frac{s \cdot V^2}{Nm} = \frac{s \cdot V^2}{VA s} = \underline{\underline{\frac{V}{A} = \Omega}}$$

$$L_H = \frac{m}{N_{O_2}^2} = \frac{1 mg}{1 N^2/V^2} = \underline{\underline{1 mH}}$$

$$C_H = \frac{N_{O_2}^2}{s} = \frac{1 N^2/V^2}{50 kN/m} = \underline{\underline{2 \cdot 10^{-5} F}} \rightarrow \frac{N^2 m}{N \cdot V^2} = \frac{Nm}{V^2} = \frac{VA s}{V^2} = \frac{As}{V} = \underline{\underline{1 F}}$$

$$C_z = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{x_z} = \frac{8,8542 pF/m \cdot 2\pi \cdot \overset{9 \cdot 10^{-3} m}{m^2}}{30 \cdot 10^{-6} m} = \underline{\underline{1,502 \cdot 10^{-10} F}}$$

$$N_{O_2}^2 C_z \cdot d = 1,502 \cdot 10^{-10} F \cdot 1,6 \cdot 10^6 V/m = \underline{\underline{2,403 \cdot 10^{-4} \frac{N^2}{V^2}}}$$

GERECHNET  
MIT  $N_{O_2}$

$$R_H = \frac{R_m}{N_{O_2}^2} = \frac{0,5 Ns/m}{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2} = \underline{\underline{2080,44 \Omega}} \quad \underline{\underline{8656535,885 \Omega}}$$

$$L_H = \frac{m}{N_{O_2}^2} = \frac{1 mg}{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2} = \underline{\underline{4,16 H}} \quad \underline{\underline{17313,1 H}}$$

$$C_H = \frac{N_{O_2}^2}{s} = \frac{\left(\frac{2,403 \cdot 10^{-10} N^2}{V}\right)^2}{(50 kN/m)^2} = \underline{\underline{1,16 \cdot 10^{-12} F}}$$