

Übungsaufgabe 2.1.1

Ein Tiefpass soll für $R = 2 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$, $f = 100 \text{ Hz}$ und $U = 5 \text{ V}$ analysiert werden.

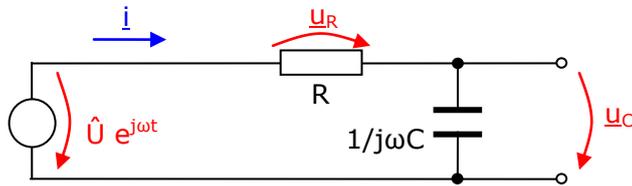


Abb.: Tiefpass ohne Last

Frage 1: Wie arbeitet diese Schaltung physikalisch?

Frage 2: Wie sieht das maßstäbliche Zeigerbild aller Ströme und Spannungen aus?

Frage 3: Wie wären Betrag und Phase von u_C aus den Dreiecksbeziehungen zu bestimmen?

Frage 4: Wie groß ist die obere Grenzfrequenz f_{go} ?

Frage 5: Wie sieht die Ortskurve $\underline{u}_C(\omega)$ für $0 \leq f \leq 10 \text{ kHz}$ aus, wie der Frequenz- und Phasengang von u_C ?

Hinweis: Tabelle für f , ω , U_C und φ_C mit ca. 5 Punkten anlegen (2 vor, 2 nach f_{go}).

Zusatzfrage: Wie sieht die Schaltung eines Tiefpasses mit R und L aus?

Lösung von Frage 1:

Bei $f = 0$ (bzw. $f \ll f_{Grenz}$) wird $X_C \gg R$ und so fällt die gesamte Spannung an C (also am Ausgang) ab. Bei $f = f_{Grenz}$ werden die Beträge der Spannungsabfälle an R und C gleich, und für $f \gg f_{Grenz}$ fällt die gesamte Spannung an R ab (d.h. nichts am Ausgang). Es werden also tiefe Frequenzen durchgelassen und hohe gesperrt.

Lösung von Frage 2:

$$Z^2 = R^2 + 1/\omega^2 C^2 \quad \text{und} \quad U^2 = U_R^2 + U_C^2$$

mit der Spannungsteilerregel wird z.B.

$$U_R/U = R / (R^2 + 1/\omega^2 C^2)^{1/2}$$

$$U_R = U R / (R^2 + 1/\omega^2 C^2)^{1/2}$$

$$U_R = 5 \text{ V } 2 \text{ k}\Omega / ((2 \text{ k}\Omega)^2 + 1/(2\pi \cdot 100 \text{ Hz } 1 \mu\text{F})^2)^{1/2}$$

$$U_R = 3,9 \text{ V} \text{ in Taliskreis einzeichnen}$$

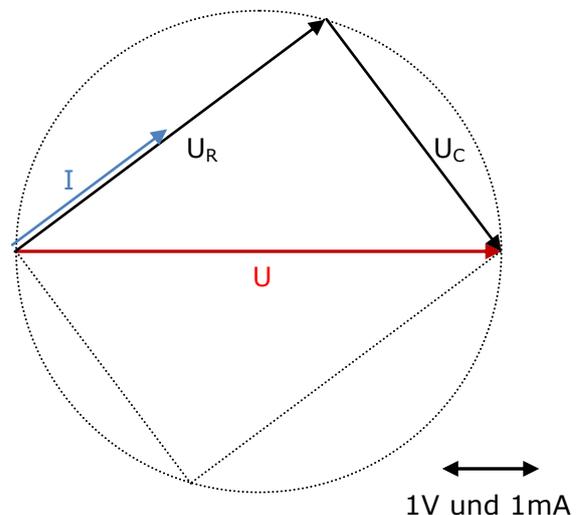
$$U_C = 3 \text{ V gemessen!}$$

$$\text{Winkel von } \langle U, I \rangle \varphi = 37^\circ \text{ gemessen!}$$

$$(\text{Winkel von } U_R = 37^\circ)$$

$$\text{Winkel von } U_C = -53^\circ \text{ gemessen!}$$

$$I = U_R / R = 1,95 \text{ mA}$$



Lösung von Frage 3:

$$U_C = (U^2 - U_R^2)^{1/2} = ((5V)^2 - (3,9V)^2)^{1/2} = 3,1V$$

$$\varphi_C = \arctan(U_R / U_C) = 3,9V / 3,1V = 51,5^\circ$$

$$\varphi = \arctan(U_C / U_R) = 3,1V / 3,9V = 38,4^\circ$$

Lösung von Frage 4:

$$1/(2\pi f_G C) = R$$

$$f_G = 1/(2\pi CR) = 1/(2\pi 1\mu F 2k\Omega) = 79 \text{ Hz}$$

So war bei 100 Hz U_C bereits kleiner als U_R .

Lösung von Frage 5:

f /Hz	ω	U_C	φ_C	$(1/\omega C)$	R	$(R^2 + 1/\omega^2 C^2)^{1/2}$
1,00	6,28318531	99,9921053	0,719962104	159154,9431	2000	159167,509
1,70	10,681415	99,9771893	1,223813852	93620,55476	2000	93641,91515
3,10	19,4778745	99,9242087	2,230871969	51340,30422	2000	51379,2452
5,60	35,1858377	99,7533072	4,025363986	28420,52555	2000	28490,81032
10,00	62,8318531	99,2196615	7,162455807	15915,49431	2000	16040,66579
17,00	106,81415	97,7933938	12,05873887	9362,055476	2000	9573,300514
31,00	194,778745	93,1794065	21,28377354	5134,030422	2000	5509,833789
56,00	351,858377	81,7801396	35,13469315	2842,052555	2000	3475,235636
79,00	496,371639	70,9677057	44,79135412	2014,619533	2000	2838,783518
100,00	628,318531	62,2676992	51,48811275	1591,549431	2000	2555,979184
170,00	1068,1415	42,3953231	64,91557566	936,2055476	2000	2208,275532
310,00	1947,78745	24,8640055	75,60294777	513,4030422	2000	2064,84447
560,00	3518,58377	14,0689247	81,91226803	284,2052555	2000	2020,092232
1000,00	6283,18531	7,93266968	85,45013469	159,1549431	2000	2006,32258

$$U_C = U(1/\omega C) / (R^2 + 1/\omega^2 C^2)^{1/2} \quad \varphi_C = \arctan((1/\omega C) / R)$$

