

### Der Kondensator an der Wechselspannung

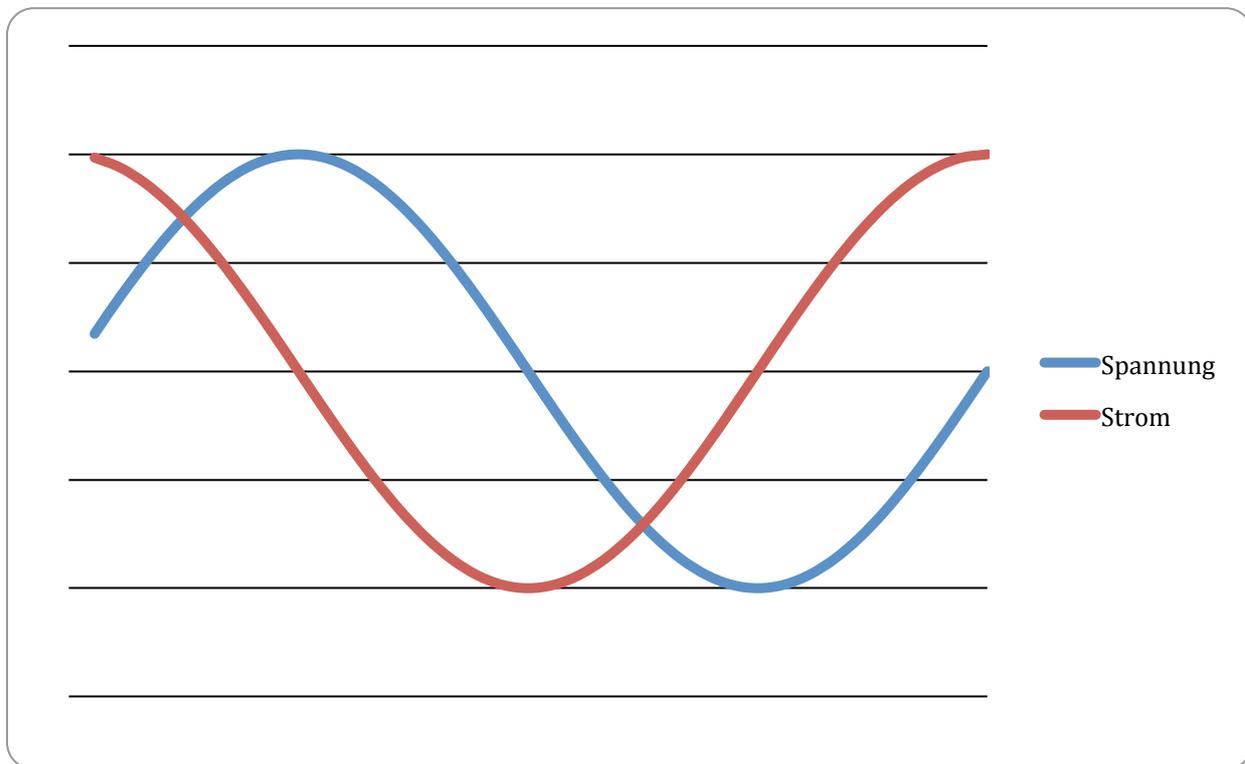


Abb. 1: Liniendiagramm- Strom eilt der Spannung voraus.

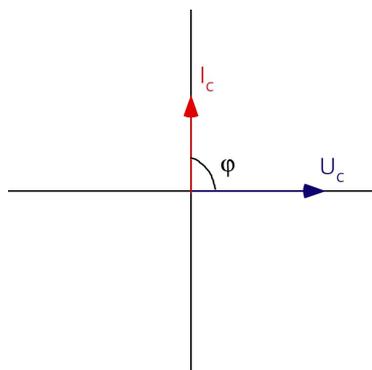


Abb. 2: Zeigerdiagramm- Strom und Spannung

Strom fließt bis  $90^\circ$ , dann ist die Spannung maximal. Phasenverschiebung  $\varphi$  ist  $\frac{\pi}{2}$ , d.h. der Strom eilt der Spannung voraus. Ein Kondensator sperrt bei Gleichspannung. Die Wechselspannung kommt durch. Es fließt jedoch kein Strom durch das Dielektrikum, sondern die Ladungen sind durch das elektrische Feld gekoppelt und die Schwingungen werden weitergeleitet. Je höher die Frequenz desto kleiner der kapazitive Blindwiderstand  $X_C$ .

**Kapazitiver Blindwiderstand  $X_c$ :**

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Scheinwiderstand Z (Impedanz)  $Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + X_c^2}$

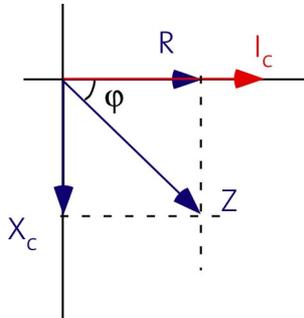


Abb. 3: Zeigerdiagramm- Scheinwiderstand Z

Kapazitiver Blindwiderstand heisst so, weil in ihm keine elektrische Leistung in Wärmeleistung umgesetzt wird. Der kapazitive Widerstand ist von der Frequenz abhängig.

**Jeder reale Kondensator hat einen Innenwiderstand.**

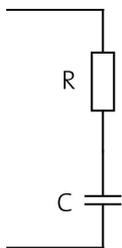


Abb. 4: Ersatzschaltbild- Realer Kondensator

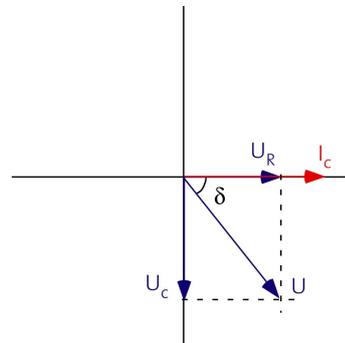


Abb. 5: Zeigerdiagramm- Realer Kondensator

Verlustfaktor  $\delta$  :

$$\tan(\delta) = \frac{X_c}{R} = \frac{U_c}{U_R}$$

Der Verlustfaktor  $\delta$  sagt etwas über die Güte des Kondensators aus.

**Filter-Technik**

**Tiefpass**

Beim Tiefpass werden tiefe Frequenzen durchgelassen.

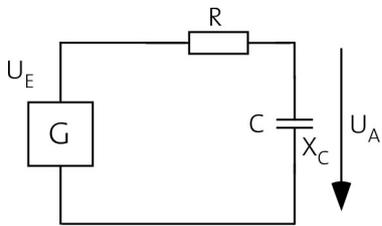


Abb. 6: Schema Tiefpass-Filter

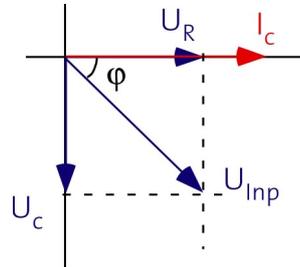
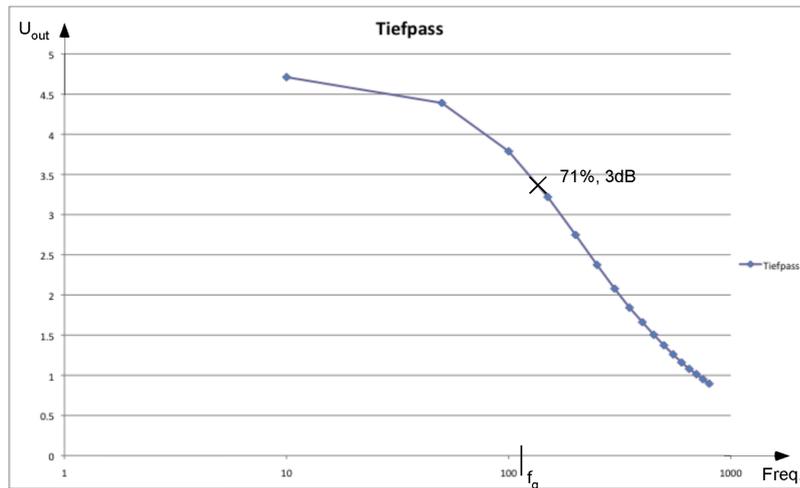


Abb. 7: Zeigerdiagramm Tiefpass-Filter



Grenzfrequenz  $f_g = \frac{1}{2\pi RC}$

Abb. 8: Frequenzgang Tiefpass-Filter

Bei  $f_g$ :  $U_R=U_C$  und die Phasenverschiebung beträgt  $45^\circ$ . Beim 3dB-Punkt:  $\frac{U_{Inp}}{\sqrt{2}} = \frac{100\%}{\sqrt{2}} = 70.7\%$

dB-Punkt:  $20\log\left(\frac{100\%}{70.7\%}\right) = 3.01$

Phasenverschiebung  $\tan(\varphi) = \frac{U_C}{U_R} = \frac{X_C}{R}$

Verhältnis Ausgangsspannung:  $\frac{U_A}{U_E} = \frac{X_C}{Z} = \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$

Der RC-Tiefpass ist als frequenzabhängiger Spannungsteiler verwendbar. Die **tiefen Frequenzen** werden durchgelassen. Je steiler der Spannungsverlauf bei der Grenzfrequenz  $f_g$  ist, desto besser ist das Tiefpass-Filter.

**Hochpass**

Beim Hochpass werden hohe Frequenzen durchgelassen.

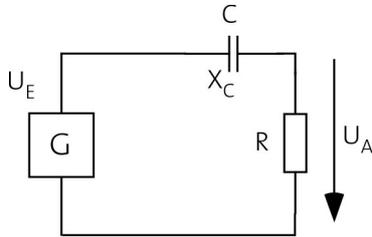


Abb. 9 Schema Hochpass-Filter

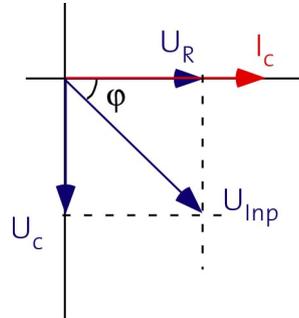
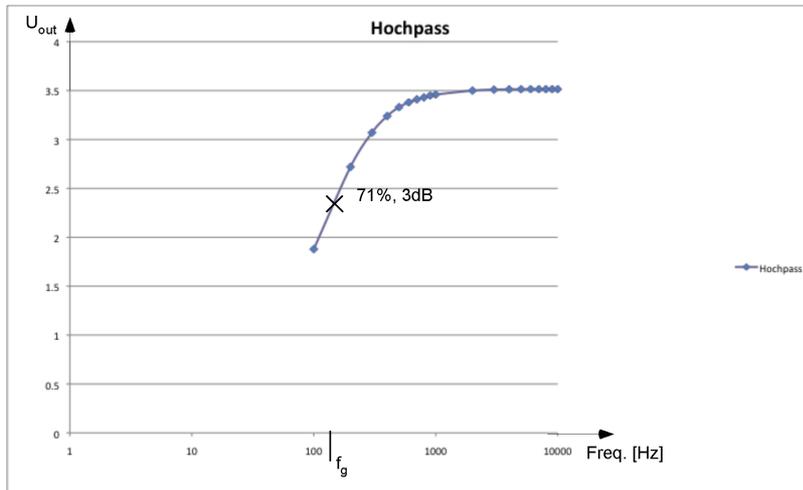


Abb. 10: Zeigerdiagramm Tiefpass-Filter



Grenzfrequenz  $f_g = \frac{1}{2\pi RC}$

Abb. 11: Frequenzgang Hochpass-Filter

Bei  $f_g$ :  $U_R=U_C$  und die Phasenverschiebung beträgt  $45^\circ$ . Beim 3dB-Punkt:  $\frac{U_{Inp}}{\sqrt{2}} = \frac{100\%}{\sqrt{2}} = 70.7\%$

dB-Punkt:  $20\log\left(\frac{100\%}{70.7\%}\right) = 3.01$

Phasenverschiebung  $\tan(\varphi) = \frac{U_C}{U_R} = \frac{X_C}{R}$

Verhältnis Ausgangsspannung:  $\frac{U_A}{U_E} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$

Der RC-Hochpass ist als frequenzabhängiger Spannungsteiler verwendbar. Die **hohen Frequenzen** werden durchgelassen. Je steiler der Spannungsverlauf bei der Grenzfrequenz  $f_g$  ist, desto besser ist das Hochpass-Filter.

**Bandpass**

Der Bandpass lässt ein definiertes Band von Frequenzen durch.

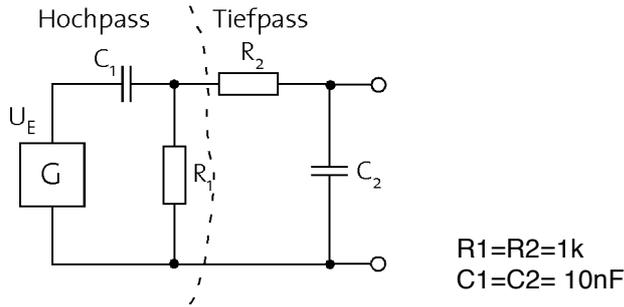
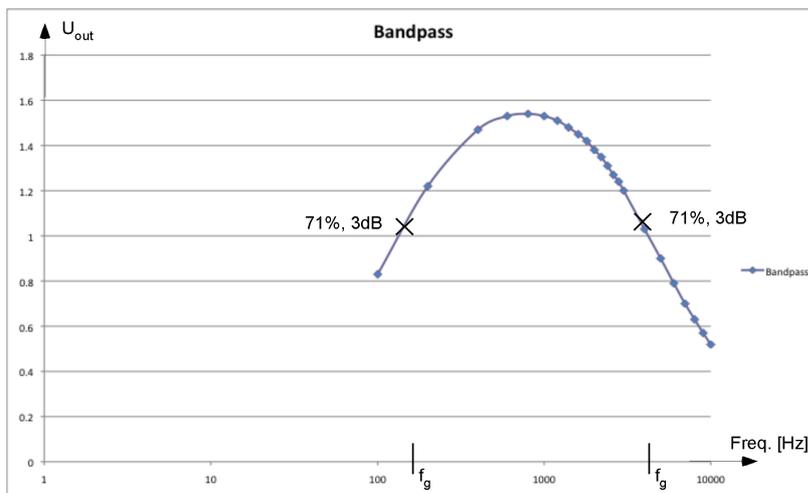


Abb. 12: Schema Bandpass



Untere Grenzfrequenz  $f_{gu} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$  ;

Obere Grenzfrequenz  $f_{go} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$

Abb. 13: Frequenzgang Bandpass

Bei  $f_g$ :  $U_R=U_C$  und die Phasenverschiebung beträgt  $45^\circ$ . Beim 3dB-Punkt:  $\frac{U_{Inp}}{\sqrt{2}} = \frac{100\%}{\sqrt{2}} = 70.7\%$

dB-Punkt:  $20\log\left(\frac{100\%}{70.7\%}\right) = 3.01$

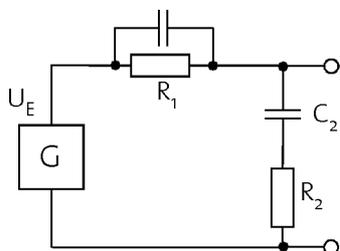
Phasenverschiebung  $\tan(\varphi) = \frac{U_C}{U_R} = \frac{X_C}{R}$

Verhältnis Ausgangsspannung:  $\frac{U_A}{U_E} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$

Der RC-Bandpass lässt ab der unteren Grenzfrequenz  $f_{gu}$  bis zur oberen Grenzfrequenz  $f_{go}$  das Signal durch. Je steiler die Flanken an den Grenzfrequenzen, desto besser das Filter.

**Bandsperre**

Die Bandsperre sperrt ein definiertes Band von Frequenzen.



$R_1=R_2=R= 1k$   
 $C_1=C_2=C= 10nF$

Abb. 14: Schema Bandsperre

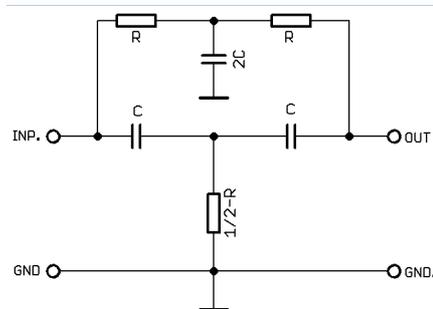
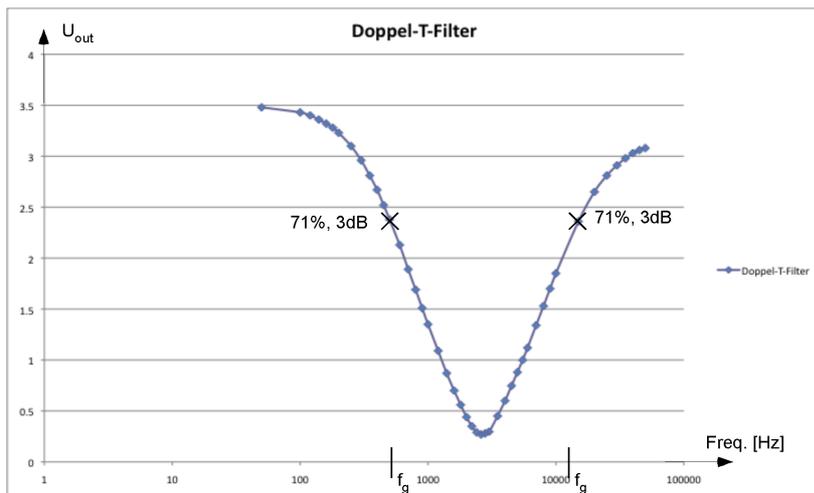


Abb. 15: Schema Doppel-T-Filter



Untere Grenzfrequenz  $f_{gu} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$  ;

Obere Grenzfrequenz  $f_{go} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$

Abb. 16: Frequenzgang Bandsperre (Doppel-T-Filter)

Bei  $f_g$ :  $U_R=U_C$  und die Phasenverschiebung beträgt  $45^\circ$ . Beim 3dB-Punkt:  $\frac{U_{inp}}{\sqrt{2}} = \frac{100\%}{\sqrt{2}} = 70.7\%$

dB-Punkt:  $20\log\left(\frac{100\%}{70.7\%}\right) = 3.01$

Phasenverschiebung  $\tan(\varphi) = \frac{U_C}{U_R} = \frac{X_C}{R}$

Verhältnis Ausgangsspannung:  $\frac{U_A}{U_E} = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$

Die RC-Bandsperre sperrt das Signal von der unteren Grenzfrequenz  $f_{gu}$  bis zur oberen Grenzfrequenz  $f_{go}$ . Je steiler die Flanken bei den Grenzfrequenzen, desto besser die Bandsperre.

### Der Kondensator als Vorwiderstand

Der kapazitive Blindwiderstand eines Kondensators kann man auch als Vorwiderstand bei Wechselspannung verwenden. Folgendes Beispiel soll die Verwendung genauer erklären.

Eine Lampe (48V, 50mA) soll an 230 V AC betrieben werden. Als „Vorwiderstand“ wird ein Kondensator geschaltet.

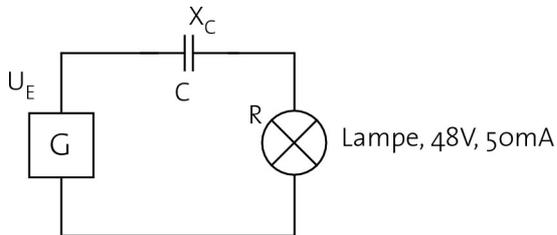


Abb. 17: Schema Kondensator als Vorwiderstand

$$R_{Lampe} = \frac{U_{Lampe}}{I_{Lampe}} = \frac{48V}{50mA} = 960\Omega$$

$$U_E = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} \implies U_C = \sqrt{U_E^2 - U_R^2} = \sqrt{230^2 - 48^2} = 224V$$

$$X_C = \frac{U_C}{I} = \frac{1}{2\pi f C} \implies C = \frac{I}{2\pi f * U} = \frac{50mA}{2\pi * 50 * 224V} = 710 \text{ nF}$$

**Aufgaben:**

1. Wofür könnte man ein Hochpass-Filter verwenden?
2. Dimensioniere ein Tiefpassfilter, welches Frequenzen bis 1kHz durchlassen.
3. Deine Mess-Signale sind extrem verrauscht mit 50 Hz. Was könntest du machen?
4. Für einen EAO-Taster hast du eine Lampe (60V, 20mA). Verwende ein Kondensator als Vorwiderstand. Wie gross muss der Kondensator sein?
5. Was sagt dir der 3dB-Punkt? Wie ist er definiert und weshalb?
6. Was ist der Vorteil eines Doppel-T-Filters gegenüber einer Bandsperre?
7. Wie ist die untere Grenzfrequenz eines Bandpasses definiert?
8. Aus welchen Bauteilen bestehen elektrische Filter?
9. Bei einem Kondensator eilt der Strom der Spannung \_\_\_\_\_?
10. Bei welchem Punkt beträgt die Phasenverschiebung  $45^\circ$ ?