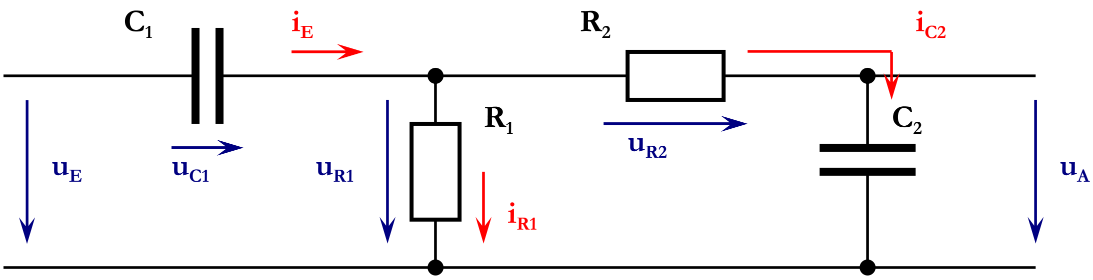

Hinweis: Alle kleingeschriebenen Größen sind zeitabhängig! $u_E = u_E(t)$

Allgemein gilt:

- $\dfrac{du_C(t)}{dt} = \dfrac{i_C(t)}{C}$ und $u_C(t) = \dfrac{1}{C}\int i_C(t)dt$
- $u_R = i_R * R$

Maschengleichung: $u_E = u_{C1} + u_A + u_{R2}$, da nur u_A und u_E interessieren, müssen alle anderen Größen durch Abhängigkeiten ersetzt werden:

$u_E = u_{C1} + u_A + u_{R2}$ mit $u_{R2} = i_{C2} * R_2$

$u_E = u_{C1} + u_A + i_{C2} * R_2$ mit $i_{C2} = C_2 \dfrac{du_A}{dt}$

$u_E = u_{C1} + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ mit $u_{C1} = \dfrac{1}{C_1}\int i_E dt$

$u_E = \dfrac{1}{C_1}\int i_E dt + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ mit $i_E = i_{R1} + i_{C2}$

$u_E = \dfrac{1}{C_1}\int (i_{R1} + i_{C2})dt + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ Aufspalten des Integrals

$u_E = \dfrac{1}{C_1}\int i_{R1} dt + \dfrac{1}{C_1}\int i_{C2} dt + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ mit $i_{R1} = \dfrac{u_{R1}}{R1} = \dfrac{1}{R1}[i_{C2}R_2 + u_A]$

$u_E = \dfrac{1}{R_1 C_1}\int (i_{C2}R_2 + u_A)dt + \dfrac{1}{C_1}\int i_{C2} dt + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ mit $i_{C2} = C_2 \dfrac{du_A}{dt}$

$u_E = \dfrac{1}{R_1 C_1}\int (i_{C2}R_2 + u_A)dt + \dfrac{C_2}{C_1}\int \dfrac{du_A}{dt} dt + u_A + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ Kürzen & Zusammenfassen

$u_E = \dfrac{1}{R_1 C_1}\int (i_{C2}R_2 + u_A)dt + u_A \left[1 + \dfrac{C_2}{C_1}\right] + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ Aufspalten des Integrals

$u_E = \dfrac{1}{R_1 C_1}\int u_A dt + \dfrac{R_2}{R_1 C_1}\int i_{C2} dt + u_A \left[1 + \dfrac{C_2}{C_1}\right] + R_2 C_2 \dfrac{du_A}{dt}$ mit $i_{C2} = C_2 \dfrac{du_A}{dt}$

$$u_E = \frac{1}{R_1C_1}\int u_A dt + \frac{R_2C_2}{R_1C_1}\int \frac{du_A}{dt}dt + u_A\left[1+\frac{C_2}{C_1}\right] + R_2C_2\frac{du_A}{dt}$$ Kürzen & Zusammenfassen

$$u_E = \frac{1}{R_1C_1}\int u_A dt + u_A\left[1+\frac{R_2C_2}{R_1C_1}+\frac{C_2}{C_1}\right] + R_2C_2\frac{du_A}{dt}$$ Ableiten

$$\frac{du_E}{dt} = \frac{1}{R_1C_1}u_A + \left[1+\frac{R_2C_2}{R_1C_1}+\frac{C_2}{C_1}\right]\frac{du_A}{dt} + R_2C_2\frac{d^2u_A}{dt^2}$$ mit R_1C_1 multiplizieren

$$R_1C_1\frac{du_E}{dt} = u_A + \left[R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2\right]\frac{du_A}{dt} + R_1C_1R_2C_2\frac{d^2u_A}{dt^2}$$ (normierte DGL 2.Ordnung)

nach Laplacetransformation:

$$R_1C_1sU_E(s) = U_A(s) + \left[R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2\right]sU_A(s) + R_1C_1R_2C_2s^2UA(s)$$ Ausklammern

$$R_1C_1sU_E(s) = U_A(s)\left[(R_1C_1R_2C_2)s^2 + (R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2)s + 1\right]$$ Umformen

$$\frac{U_A(s)}{U_E(s)} = \frac{R_1C_1s}{(R_1C_1R_2C_2)s^2 + (R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2)s + 1}$$ **DT_{2N} Verhalten**

Allgemein gilt:

- $\frac{z_1}{z_2} = \frac{|z_1|}{|z_2|}e^{j[Arg(z_1)-Arg(z_2)]}$
- $|z| = \sqrt{\mathrm{Re}^2(z) + \mathrm{Im}^2(z)}$
- $Arg(z) = \arctan\left(\frac{\mathrm{Im}(z)}{\mathrm{Re}(z)}\right)$

Substitution mit $s \to j\omega$ (wir ET'ler verwenden das j für die imaginäre Einheit)

$$\frac{U_A(j\omega)}{U_E(j\omega)} = \frac{R_1C_1j\omega}{1-\omega^2(R_1C_1R_2C_2) + j\omega(R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2)}$$

$$\frac{U_A(j\omega)}{U_E(j\omega)} = \frac{\omega R_1C_1}{\sqrt{\left[1-\omega^2R_1C_1R_2C_2\right]^2 + \omega^2\left[R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2\right]^2}}e^{j\left[\arctan(\omega R_1C_1) - \arctan\left(\frac{\omega[R_1C_1+R_2C_2+R_1C_2]}{1-\omega^2R_1C_1R_2C_2}\right)\right]}$$

$$\frac{|U_A(j\omega)|}{|U_E(j\omega)|} = \frac{\omega R_1C_1}{\sqrt{\left[1-\omega^2R_1C_1R_2C_2\right]^2 + \omega^2\left[R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2\right]^2}}$$ **Amplitudengang**

$$Arg\left(\frac{U_A(j\omega)}{U_E(j\omega)}\right) = \arctan(\omega R_1C_1) - \arctan\left(\frac{\omega[R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2]}{1-\omega^2R_1C_1R_2C_2}\right)$$ **Phasengang**