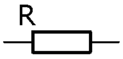
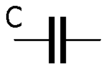
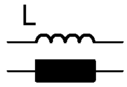
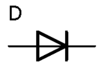
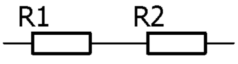
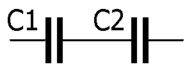
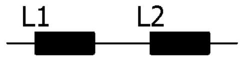
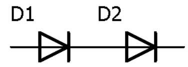
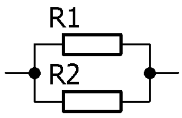
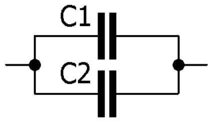
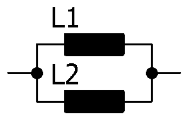
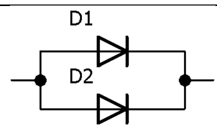
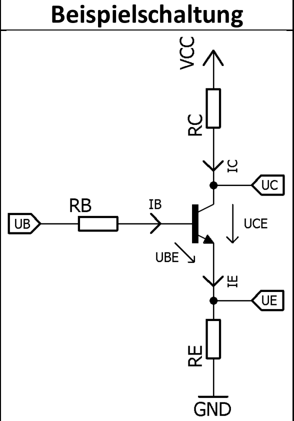
Bauteile

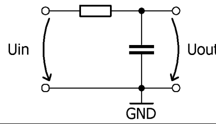
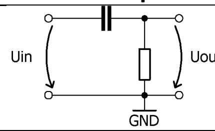
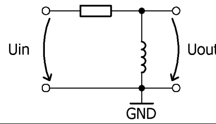
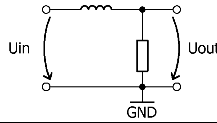
	Widerstand	Kondensator	Spule	Diode
Symbol				
Einheit	$[R] = \underbrace{\Omega}_{Ohm} = \frac{V}{A}$	$[C] = \underbrace{F}_{Farad} = \frac{C}{V} = \frac{As}{V}$	$[L] = \underbrace{H}_{Henry} = \Omega s = \frac{Vs}{A}$	-
Reihenschaltung				
	$R = R1 + R2$ $U_{R1} = U \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}$	$\mathrm{C} = \frac{1}{\frac{1}{C1}+\frac{1}{C2}} = \frac{C1 \cdot C2}{C1+vC2}$	$L = L1 + L2$	$U_D = U_{D1} + U_{D2}$
Parallelschaltung				
	$\mathrm{R} = \frac{1}{\frac{1}{R1}+\frac{1}{R2}} = \frac{R1 \cdot R2}{R1+R2}$ $U_{R1} = U_{R2}$ $I_{\boldsymbol{R1}} = I \cdot \frac{\boldsymbol{R_2}}{R_1+R_2}$	$\mathrm{C} = \mathrm{C1} + \mathrm{C2}$	$\mathrm{L} = \frac{1}{\frac{1}{L1}+\frac{1}{L2}} = \frac{L1 \cdot L2}{L1+L2}$	$U_D = U_{D1} = U_{D2}$
Verhalten an AC	$X_R = R$	$X_C = \frac{1}{j \underbrace{\omega}_{2\pi f} C} = -\frac{j}{\underbrace{\omega}_{2\pi f} C}$	$X_L = j \underbrace{\omega}_{2\pi f} L$	-
Sonstige Eigenschaften	**Temperaturabhängigkeit** $R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0)$ $+\beta \cdot (T - T_0)^2)$ Gilt auch für ρ **Spezifischer Widerstand** $R = \frac{\overbrace{\rho}^{spez.Wid.} \cdot \overbrace{l}^{Länge}}{\underbrace{A}_{Querschnitt}}$	**Temperaturabhängigkeit** $C_T = C_0 \cdot \left(1 + \alpha \cdot (T - T_0)\right)$ **Abschätzungen** $X_C \overset{f \to 0}{\triangleq} \infty\,\Omega, X_C \overset{f \to \infty}{\triangleq} 0\,\Omega$	**Abschätzungen** $X_L \overset{f \to 0}{\triangleq} 0\,\Omega, X_L \overset{f \to \infty}{\triangleq} \infty\,\Omega$	Leitet nur in „Pfeilrichtung“ ab U_D = 0,6 V (idealisiert)  In Sperrrichtung wie „keine Verbindung“ Kann (leitend) als Spannungsquelle mit U_D betrachtet werden.
	$u(t) = \frac{i(t)}{R}$ $i(t) = u(t) \cdot R$	$u(t) = U_0 + \frac{1}{C} \cdot \int_0^T i(t)\, dt$ $i(t) = C \cdot \frac{\delta\, u(t)}{\delta t}$	$u(t) = L \cdot \frac{\delta\, i(t)}{\delta t}$ $i(t) = \frac{1}{L} \cdot \int_0^T u(t)\, dt$	$I = I_s \left(e^{\frac{qU}{k_b T}} - 1\right)$ $U = \frac{k_b T}{q} \cdot \ln\left(\frac{I}{I_s} + 1\right)$

Zur Phasenverschiebung: **Kondensator, Strom vor**, bzw. **Induktivitäten Ströme sich verspäten.**
Spulen erlauben keine schlagartigen Änderungen von Strömen.
SI-Einheiten: $[\boldsymbol{I}] = \boldsymbol{A}, [\boldsymbol{U}] = \frac{W}{A} = \frac{J}{C} = \frac{\boldsymbol{kgm^2}}{\boldsymbol{s^3A^1}}, [\boldsymbol{R}] = \frac{V}{A} = \frac{\boldsymbol{kgm^2}}{\boldsymbol{s^3A^2}}, [\boldsymbol{P}] = \frac{J}{s} = VA = \frac{\boldsymbol{kgm^2}}{\boldsymbol{s^3}}$

Transistor

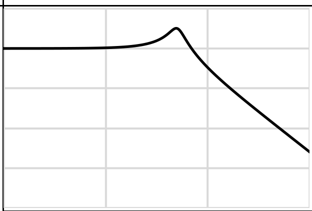
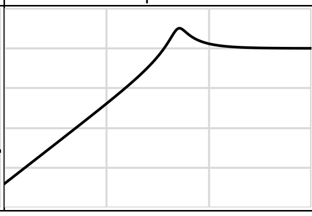
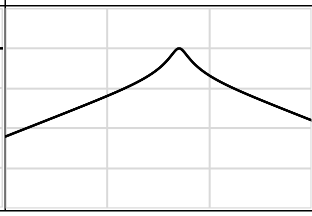
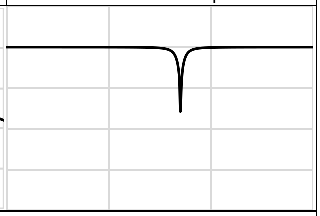
	Beispielschaltung	Formeln		Zustände
Transistor		**Ströme** $I_c = I_B * \beta$ $I_E = I_C + I_B = I_B(1 + \beta)$ **Spannungen** $U_{BE} = 0{,}7V\ (meistens)$ $U_{CE} = variabel$ $U_C = U_{V_{CC}} - U_{R_C}$ $U_E = U_{RE}$ **Spg.-Verstärkung** $U_C(I_B) = U_{Vcc} - R_C \cdot I_b \cdot \beta$ $U_E(I_B) = R_E \cdot I_B \cdot (\beta + 1)$ $\frac{\delta\, U_E(U_B)}{\delta\, U_B} = 1$	$U_B(I_B) = R_B \cdot I_B + U_{BE}$ $+R_E \cdot I_B \cdot (\beta + 1)$ $R_{In} = \frac{\delta U_B(I_B)}{\delta I_B}$ $= R_B + R_E \cdot (\beta + 1)$	**Sperren** $I_B = I_C = I_E = 0$ $U_{CE} = U_{V_{CC}}$ **Verstärken** $I_c = I_B \cdot \beta$ $U_{R_C} = R_C \cdot I_B \cdot \beta$ $U_{R_E} = R_E \cdot I_B \cdot (\beta + 1)$ $U_{Vcc} \geq U_{CE} = U_C - U_E \geq 0$ **Übersteuern** *Strom durch R_C/R_E begrenzt* $U_{CE} = 0$ $I_c \leq I_B * \beta$

Tief-/Hochpass 1. Ordnung

	RC-Tiefpass	RC-Hochpass	RL-Hochpass	RL-Tiefpass
Schaltung				
Formeln	$H(\omega) = \frac{X_C}{X_C + R}$	$H(\omega) = \frac{R}{X_C + R}$	$H(\omega) = \frac{X_L}{X_L + R}$	$H(\omega) = \frac{R}{X_L + R}$
Grenz-frequenz	$Im(Z) = Re(Z), \omega_g = \frac{1}{\tau}, f_g = \frac{1}{2\pi\tau}, \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$			
	$\tau = RC$		$\tau = \frac{L}{R}$	

$$H(\omega) = \frac{Z_{out}}{Z_{Gesamt}} = \frac{U_{out}}{U_{in}}, |H(\omega)| = \sqrt{Re\big(H(\omega)\big)^2 + Im\big(H(\omega)\big)^2}$$

Tief-/Hoch-/Bandpass/Bandsperre 2. Ordnung

	Tiefpass	Hochpass	Bandpass	Bandsperre
Abgriff	Kondensator	Spule	Widerstand	Kondensator + Spule
Graphen				
	Vertikal: Verstärkung 20dB/Einheit (lin, max. 20dB), Horizontal: Freqenz (log), Graphen sind von **R**LC.			
Formeln (Allgemein)	**Grenzfrequenz** $Im(Z) = Re(Z) \rightarrow f_g$	**Resonanzfrequenz** $Im(Z) = 0 \rightarrow f_0$ $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ **Eigenfrequenz** (= Resonanz gedämpfter Schwingkreis) $f_E = \sqrt{\omega_0^2 + \delta^2}$	HP/TP sinken mit 40 dB/dec Bandpass sinkt mit 20 dB/dec **Abklingkonstante** $\delta = \frac{R}{2L}$	Realer Schwingkreis $\delta < \omega_0$ *Schwingt* Aperiodischer Grenzfall $\delta = \omega_0$ *Schwingt am kürzesten* Kriechfall $\delta > \omega_0$ *Schwingt nicht*

Allgemeine Schaltungsanalyse

$$H(\omega) = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{\delta}{\delta U_e}[U_a(U_e)], |H(\omega)| = \sqrt{Re\big(H(\omega)\big)^2 + Im\big(H(\omega)\big)^2}$$

Phasenverschiebung (Versatz zwischen Strom & Spannung) = arctan $\left(\frac{Im}{Re}\right)$

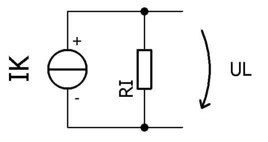
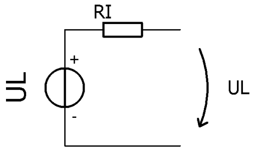
Matrixschreibweise für Maschen:

$$\begin{pmatrix} \sum R\ mit\ I_{M1}\ in\ M1 & \dots & \sum R\ mit\ I_{Mn}\ in\ M1 \\ \dots & \dots & \dots \\ \sum R\ mit\ I_{M1}\ in\ Mn & \dots & \sum R\ mit\ I_{Mn}\ in\ Mn \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{M1} \\ \dots \\ I_{Mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Summe\ U\ aus\ Masche\ 1 \\ \dots \\ Summe\ U\ aus\ Masche\ n \end{pmatrix}$$

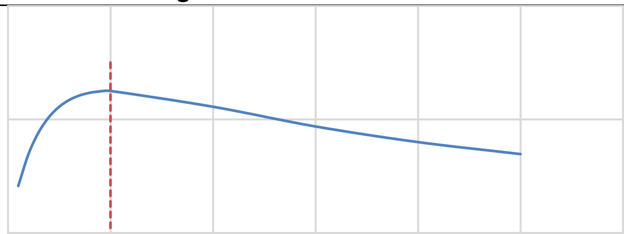
(M = Masche, I_{Mn} = Maschenstrom), Lösung nach I mittels LGS oder Cramer'scher Regel

Analyse von Strom-/Spannungsquellen

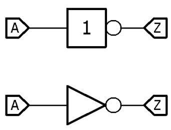
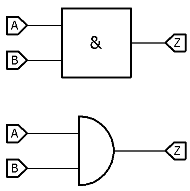
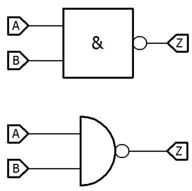
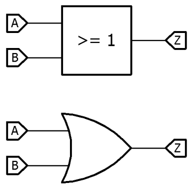
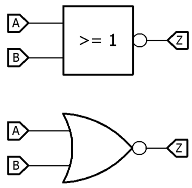
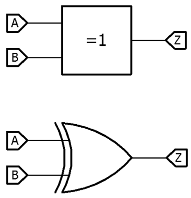
Innenwiderstand	Leerlaufspannung *(Superposition)*	Leerlaufspannung (Cramer'sche Regel)	Leerlaufstrom
Alle Quellen ersetzen 1. Spannungsquelle = Kurzschluss 2. Stromquelle = Leerlauf 3. Widerstand zwischen Klemmen errechnen	Alle Quellen bis auf eine ersetzen Ausgangsspannung bestimmen Durchführen für jede Quelle Spannungen addieren $U_o = U_{o(1)} + \cdots + U_{o(n)}$	Maschen bestimmen Auflösen nach Maschenströmen $U_{Quellen} = R_x \cdot (I_{Ma} + I_{Mb}) + \cdots$ Maschen in Matrixform bringen (siehe „Allg. Schaltungsanalyse")	Analog zu Leerlaufspannung, nur zu Beginn Ausgang kurzschließen Einfachste Lösung: $I_{Kurzschluss} = \frac{U_{Leerlauf}}{R_{innen}}$

Norton		Thevenin	
	Spannungsquelle mit RI in Reihe können durch Stromquellen mit RI parallel ersetzt werden. $I_K = \frac{U_L}{R_I}$		Stromquellen mit RI parallel können durch Spannungsquelle mit RI in Reihe ersetzt werden. $U_L = I_K \cdot R_I$

UL = $U_{Leerlauf}$, IK = $I_{Kurzschluss}$, RI = R_{innen}

Lastkurve	Leistungskurve	
Diagramm I(U) (UI-Kennline) mit Gerade von I_K @ 0V zu U_L @ 0A	Diagramm $P_L(R_L)$ **Leistungsanpassung** Höchste Leistung bei $R_L = R_i$ $P_L(n \cdot R_L) = P_L\left(\frac{1}{n \cdot R_L}\right)$	

Logikgatter

	DIN / US	Wahrheits-tabelle	Formal		DIN / US	Wahrheits-tabelle	Formal
NOT		a | z 0 | 1 1 | 0	$Z = \overline{A}$ $= \neg A$ $= !A$				
AND		b a | z 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1	$Z = A \cdot B$ $= A \wedge B$ $= AB$	**NAND**		b a | z 0 0 | 1 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0	$Z = \overline{A \cdot B}$ $= \overline{A \wedge B}$
OR		b a | z 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 1	$Z = A + B$ $= A \vee B$	**NOR**		b a | z 0 0 | 1 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | 0	$Z = \overline{A + B}$ $= \overline{A \vee B}$
XOR		b a | z 0 0 | 0 0 1 | 1 1 0 | 1 1 1 | 0	$Z = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$ $= AB = A\overline{B} \vee \overline{A}B$ $= (A \vee B) \wedge \overline{(AB)}$				

DeMorgan

$Z = A \vee B = \overline{\overline{A \vee B}} = \overline{\overline{A} \wedge \overline{B}}$ Ein OR ist ein NAND mit negierten Eingängen

$Z = A \wedge B = \overline{\overline{A \wedge B}} = \overline{\overline{A} \vee \overline{B}}$ Ein AND ist ein NOR mit negierten Eingängen

(Jede Schaltung lässt sich nur mit NAND bzw. NOR-Gattern aufbauen)

Stuff

- Definition von $i = j = \sqrt{-1}$
- Zeitlicher Versatz zwischen zwei Signalen: $\Delta t = \frac{T\phi_{\text{rad}}}{2\pi f} = \frac{T\phi_{\text{deg}}}{360°}$
- Spannung ist der Potentialunterschied zwischen zwei Punkten.

x											
arctan(x) / deg	0	10	20	30	40	45	50	60	70	80	90

$\frac{\phi_{\text{deg}}}{360°} * 2\pi = \phi_{\text{rad}}$

$Q = \frac{U_{out}}{U_{in}}$	0,01	0,1	0,5	$\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0{,}71$	1	$\sqrt{2} \approx 1{,}41$	2	10	100
|Q| / dB	- 40	- 20	- 6	-3	0	3	6	20	40

Keine negative Verstärkung (= Spannungsinvertierung) darstellbar mit dB.

$Verstärkung = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{U_{out}}{U_{in}}\right) dB$

	Arithmetisches Mittel	Effektivwert (RMS)	Durchflutungssatz (Amper'sches Gesetz)	
Schaltung	$\overline{a(t)} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+T} a(t)\,dt}{T}$ Reine Sinusspannung $\overline{u(t)} = 0$ bei Offset (DC-Anteil) $\overline{u(t)} = U_{offs}$	(= Quadtatisches Mittel) $A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t_0}^{t_0+T} a(t)^2 dt}$	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I$ $\oint_S \vec{H} \cdot d\vec{s} = I$	$rot\,\vec{B} = \mu_0 \vec{J}$ $rot\,\vec{H} = \overrightarrow{J_{ext}}$