

**Parallelschaltung ohmscher Widerstände**  
 $(R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2) = G_1 + G_2$   
 lineares Bauelement

**Serienschaltung ohmscher Widerstände**  
 $R_{ges} = R_1 + R_2$

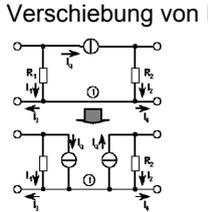
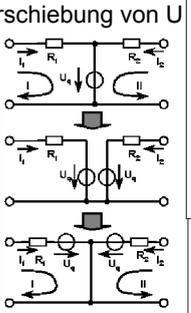
**Spannungsquelle** in Serie addieren (Pfeile!). Parallel nur wenn gleiche U

**Stromquelle** Parallel addieren (Pfeile!) In Serie nur wenn gleiche I

**Kirchhoff**  
 1) **Knotenatz:**  $I_{rein} = I_{raus}$   
 2) **Maschensatz:** Summe der U in einer Masche immer 0

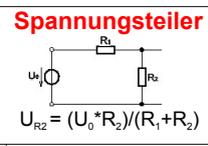
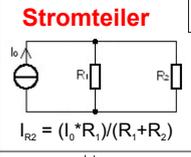
Aus U und R in Serie wird I und R Parallel

**Knotenpotenzialanalyse**  
 1. Quellen umwandeln (nur I)  
 2. Elemente zusammenfassen  
 3. Knoten einzeichnen und Bezugsknoten 0  
 4. Knotengleichungen aufstellen  
 $(G) \cdot (K) = (I)$  Matrix  
 $G_{11}, G_{22}, \dots$  sind vom K. Direkt erreichbare  $1/R$   
 $G_{xx}$  sind gemeinsame G der Knoten (negativ)  
 K sind Anzahl der Knoten  
 I sind alle Quellen am Knoten  
 +I wenn Pfeil zum Knoten  
 -I wenn Pfeil vom Knoten weg  
 Gleichung lösen



**Maschenstromanalyse**  
 1. Quellen umwandeln (nur U)  
 2. Baum und Maschen zeichnen  
 3. pro Masche eine Gleichung  
 $(Z) \cdot (M) = (U)$  Matrix  
 $Z_{11}, Z_{22}, \dots$  sind die R in der Masche  
 $Z_{12}$  bis  $Z_{xx}$  sind gemeinsame R der Maschen  
 $Z_{xx}$  sind R über & unter  $Z_{11} \dots$   
 $Z_{x<} (-)$  wenn M. Pfeile gegenseitig  
 M sind Anzahl der Maschen  
 U sind die Quellen in der Masche  
 U (+) wenn M. Pfeil gegenseitig  
 Gleichung lösen

**Ableitungsregeln**  
 $f(x) = \sin x \rightarrow f'(x) = \cos x$   
 $f(x) = \cos x \rightarrow f'(x) = -\sin x$   
 $f(x) = e^x \rightarrow f'(x) = e^x$   
 $f(x) = e^{1/2x} \rightarrow f'(x) = 1/2 e^{1/2x}$   
**Komplexe Zahlen**  
 $i^2 = -1$   
 $\sqrt{-1} = i$   
 $z = a - bi = r(\cos \phi - i \sin \phi)$   
 $r = |z| = \sqrt{a^2 + b^2}$   
 $\tan \phi = b/a$   
**log - Regeln**  
 $\log(u \cdot v) = \log u + \log v$   
 $\log u^n = n \cdot \log u$   
 $\log u/v = \log u - \log v$   
 $\log \sqrt[n]{u} = 1/n \cdot \log u$   
 $\log 1/\sqrt[n]{u} = -\log \sqrt[n]{u}$



Milli	m	$10^{-3}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$

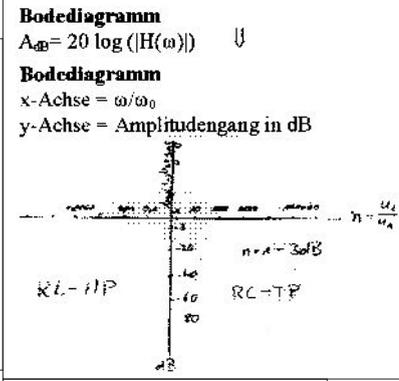
$1/\Omega \cdot F = 1 \text{ Hz}$   
 $P = U \cdot I$  (Leistung)

**Wechselstromformeln**  
 $U(t) = U_0 \sin(\omega t), I(t) = \dots$   
**Momentanleistung:**  
 $p(t) = u(t) \cdot i(t)$   
**Energie:**  
 $W(t) = \int p(t) dt$   
**Wirkleistung = Energie/Periode**  
 $p = 1/T \cdot \omega(t)$   
**Ohm:**  $i(t) = u(t)/R \cdot \sin(\omega t)$   
 $\omega = 2\pi f$

$T = 1/F$  (F in Hz; T in s)  
 $U = R \cdot I$  (U in V; I in A;)  
 $G = 1/R$  (G in S; Leitwert)  
 $W = P \cdot t$  (P in W; W in Ws; t in s; Elektr. Arbeit)

**Spule / Induktivität**  
 linear  
 Parallel:  $1/L_1 + 1/L_2 = 1/L_{ges}$   
 Serie:  $L_1 + L_2 = L_{ges}$   
 Induktivität L in Henry (H)  
 Speicher:  $W = 1/2 \cdot L \cdot I^2$

**Kapazität / Kondensator**  
 linear  
 Parallel:  $C_1 + C_2 = C_{ges}$   
 Serie:  $1/C_1 + 1/C_2 = 1/C_{ges}$   
 Ladung Q; C in F (Farad)  
 Speicher:  $W = -1/2 \cdot C \cdot U^2$



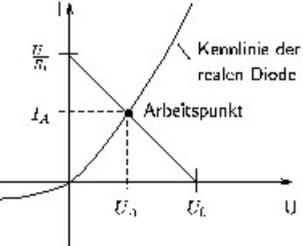
**RL-Hochpass**  
 $H(\omega) = U_2/U_1 = 1/(1 + j\omega R/L)$   
 $\omega_0 = R/L$  Bezugsgr.  
 $\omega \rightarrow 0 = 0, \omega \rightarrow \infty = 1$   
**Bodediagramm**  
 $A_{db} = |u_1/u_2| = -20 \ln \sqrt{(R^2/\omega^2 + L^2)}$   
 $\omega = 1 \rightarrow 3 \text{ dB}$  im Diagramm  
 Verlauf im 3. Quadranten

**RC-Tiefpass** **Bandpass**  
 $H(\omega) = U_2/U_1 = 1/(1 + j\omega RC)$   
 $\omega_0 = 1/RC$  Bezugsgr. frei wählbar  
 $\omega \rightarrow 0 = 1, \omega \rightarrow \infty = 0$   
**Bodediagramm**  
 $A_{db} = |u_1/u_2| = -20 \ln \sqrt{(\omega^2 \cdot C^2 \cdot R^2 + 1)}$   
 $\omega = 1 \rightarrow 3 \text{ dB}$  im Diagramm  
 Verlauf im 4. Quadranten

**Leitung**  
 Information im Spannungspegel  
 Impuls am Ausgang niedriger und um  $(\tau)$  verzögert  
 Laufzeit abhängig von Material und Länge  
 Wellenwiderstand Z  
 Reflexionsfaktor r  
 $r = (R - Z)/(R + Z)$   
**Reflexion**  
 $R \rightarrow \infty$  (Leerlauf):  $r = 1$   
 $R = 0$  (Kurzschluss):  $r = -1$   
 $r = 0$  (keine Reflexion):  $R = Z$

**Kleinsignalersatzschaltbild**  
 ist immer für kleine Frequenzen, d.h. für  $\omega \rightarrow 0$ . Also keine C und L in der Schaltung, Gleichspannung  
**Großsignalersatzschaltbild**  
 ist für große Frequenzen, d.h. für  $\omega \rightarrow \infty$ . Also mit C und L in der Schaltung, Wechselspannung

**Diode, nicht linear, Halbleiter**  
 $I = I_s \cdot (e^{u/U_T} - 1)$   
 Berechnen des Arbeitspunkt  
 1. Aufstellen der Maschengl  
 2. Arbeitsgerade aufstellen  
 3. Eintrag ins Diagramm  
 Arbeitsgleichung:  
 $I = U_D - U_D/R$   
 $U_T =$  Schleienspannung  
 $I_s =$  Sättigungsstrom  
 $U_{Br} =$  Durchbruchspannung



**Wechselstromgrößen**  
 Mittelwert = 0  
 Gleichrichtwert:  $|x| = 2x_{eff}/\pi$   
 Effektivwert:  $x_{eff} = x_{N}/\sqrt{2}$   
 $p = U_{eff}^2/2R = (U_0 \cdot \sqrt{2})^2/2R$   
**Komplexe Widerstände**  
 \*Parallel- und Serienschaltung wie bei ohmschen Widerständen.  
 \*Reihenschaltung mit Spule:  
 $Z = R + j\omega L = z \cdot e^{j(\omega t + \phi)}$   
 \*Reihenschaltung mit Kondensator  
 $Z = R + 1/j\omega C = R - j(1/\omega C)$

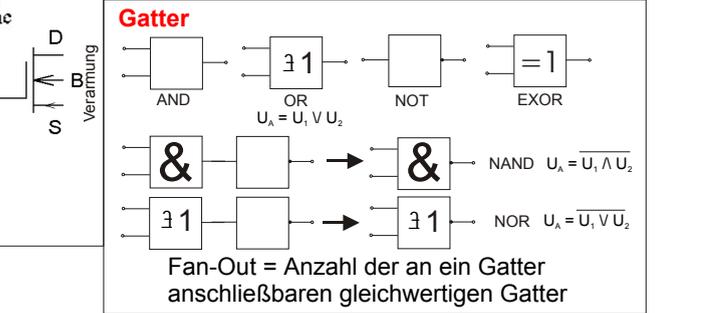
**PNP-Bipolartransistor**  
 - verhält sich wie N-MOS Transistor  
 - Leitet bei:  $U_{CE} U_{BE} < 0$   
 - Sperrt bei:  $U_{CE} U_{BE} > 0$   
 - Pfeil auf Basis  
 - Basis, Emitter, Kollektor

**NPN-Bipolartransistor**  
 - verhält sich wie P-MOS Transistor  
 - Leitet bei:  $U_{CE} U_{BE} > 0$   
 - Sperrt bei:  $U_{CE} U_{BE} < 0$   
 - Pfeil weg von Basis  
 - Basis, Emitter, Kollektor  
 Emitterschaltung

**N-MOS-Transistor**  
**Arbeitsgerade bei Transistoren**  
 Masche:  $0 = U_R + U_{DS} - U_B$   
 $U_R = I_D \cdot R$   
 $0 = I_D \cdot R + U_{DS} - U_B$   
 Arbeitsgerade:  $I_D = (U_B - U_{DS})/R$   
 2 Punkte ausreichend  
 $U_{DS} = 0; I_D = U_B/R$  ( $0 | I_D$ )  
 $I_D = 0; U_{DS} = U_B$  ( $U_B | 0$ )  
 nur Grafische Lösung oder numerische Übertragungsdiagramm besteht aus Punkten  
 y-Achse:  $U_s = U_{DS}$   
 x-Achse:  $U_s = U_{GS}$

\*selbstsperrender Transistor sperrt ohne Spannung am Gate  
 \*leitet bei positiver Spannung am Gate  
 \*Source liegt an der Masse an

**P-MOS-Transistor**  
 \*Pfeil zeigt in Richtung der Ladungsträger bei positiver Spannung am Gate  
 \*sperrt bei positiver Spannung am Gate  
 \*selbstleitender Transistor leitet ohne Spannung am Gate  
 \*Source liegt an der Spannung an  
 Verarmung und Anreicherung wie N-MOS



Fan-Out = Anzahl der an ein Gatter anschließbaren gleichwertigen Gatter