

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

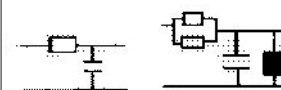
Aus U und R in Serie wird I und R Parallel

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

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: $W = 1/2 \cdot L \cdot I^2$



RC-Tiefpass Bandpass

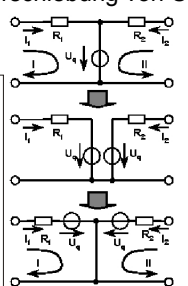
$H(\omega) = U_2/U_1 = 1/(1 + j\omega/\omega_0)$
 $\omega_0 = 1/RC$ Bezugsggr. frei wählbar
 $\omega \rightarrow 0 \Rightarrow 1, \omega \rightarrow \infty \Rightarrow 0$
 Bodediagramm
 $Adb = u_1/u_2 = -20 \ln \sqrt{1 + \omega^2 \cdot C^2 \cdot R^2}$
 $\omega = 1 \Rightarrow 3dB$ im Diagramm
 Verlauf im 4. Quadranten

Diode, nicht linear, Halbleiter

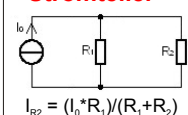
$I = I_s \cdot (e^{u_{diode}/U_T} - 1)$
 Berechnen des Arbeitspunkt
 1. Aufstellen der Maschengl
 2. Arbeitsgerade aufstellen
 3. Eintrag ins Diagramm
 Arbeitsgleichung:
 $I = U_R / R$
 $U_T =$ Schwellenspannung
 $I_s =$ Sättigungsstrom
 $U_{Br} =$ Durchbruchspannung

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

Verschiebung von U

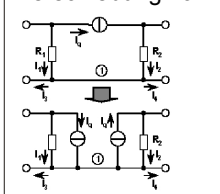


Stromteiler

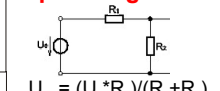


$I_{R2} = (I_1 \cdot R_1) / (R_1 + R_2)$

Verschiebung von I



Spannungsteiler



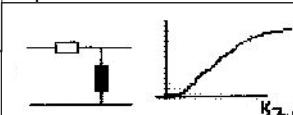
$U_{R2} = (U_0 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$

Milli	m	10^{-3}
Mikro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}

$1/\Omega \cdot F = 1 \text{ Hz}$

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

$H(\omega) = U_2/U_1 = 1/(1 + j\omega/\omega_0)$
 $\omega_0 = R/L$ Bezugsggr.
 $\omega \rightarrow 0 \Rightarrow 0, \omega \rightarrow \infty \Rightarrow 1$
 Bodediagramm
 $Adb = u_1/u_2 = -20 \ln \sqrt{1 + \omega^2 \cdot L^2 \cdot R^2}$
 $\omega = 1 \Rightarrow 3dB$ im Diagramm
 Verlauf im 3. Quadranten

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

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

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 $Z_{11} \dots$
 $Z_{< >}$ wenn M. Pfeile gegenseitig
 M sind Anzahl der Maschen
 U sind die Quellen in der Masche
 $U (+)$ wenn M. Pfeil gegenseitig
 Gleichung lösen

Wechselstromformeln

$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t), I(t) = \dots$
 Momentanleistung:
 $p(t) = u(t) \cdot i(t)$
 Energie:
 $W(t) = \int_0^t p(t) dt$
 Wirkleistung = Energie/Periode
 $p = 1/T \cdot W(t)$
 Ohm: $i(t) = u(t)/R \cdot \sin(\omega t)$
 $\omega = 2\pi f$

Kirchhoff

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

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

$i \cdot i = -1$
 $\sqrt{-1} = i$
 $z = a - bi = r(\cos \phi - i \sin \phi)$
 $r = |z| = \sqrt{a^2 + b^2}$
 $\tan \phi = b/a$

log - Regeln

$\log(u \cdot v) = \log u + \log v$
 $\log u^n = n \cdot \log u$
 $\log u/v = \log u - \log v$
 $\log \sqrt[n]{u} = 1/n \cdot \log u$
 $\log 1/\sqrt[n]{u} = -\log \sqrt[n]{u}$

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

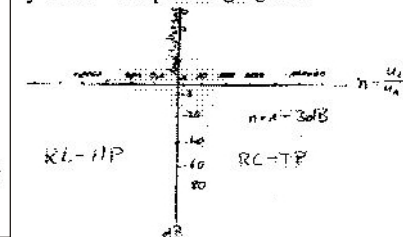
ist für große Frequenzen, d.h. für $\omega \rightarrow \infty$. Also mit C und L in der Schaltung, Wechselspannung

Bodediagramm

$A_{dB} = 20 \log(|H(\omega)|)$

Bodediagramm

x-Achse = ω/ω_0
 y-Achse = Amplitudengang in dB



Wechselstromgrößen

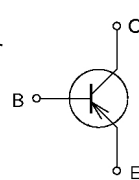
Mittelwert = 0
 Gleichrichtwert: $|x| = 2x_{eff}/\pi$
 Effektivwert: $x_{eff} = x/\sqrt{2}$
 $p = U_{eff}^2 / 2R = (U_0 \cdot \sqrt{2})^2 / 2R$

Komplexe Widerstände

- *Parallel- und Serienschaltung wie bei ohmschen Widerständen.
- *Reihenschaltung mit Spule:
 $Z = R + j\omega L = Z \cdot e^{j(\omega L)}$
- *Reihenschaltung mit Kondensator
 $Z = R + 1/j\omega C = R - j(1/\omega C)$

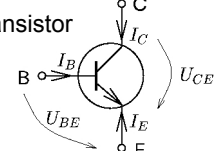
PNP-Bipolartransistor

- 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

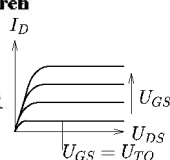
- verhält sich wie P-MOS Transistor
- Leitet bei: $U_{CE} U_{BE} > 0$
- Sperrt bei: $U_{CE} U_{BE} < 0$
- Pfeil weg von Basis
- Basis, Emitter, Kollektor



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
 $U_{DS} = 0; I_D = U_B / R$ ($0/I_D$)
 $I_D = 0; U_{DS} = U_B$ ($U_B/0$)



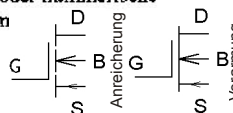
nur Grafische Lösung oder numerische Übertragungsdiagramm

besteht aus Punkten

y-Achse: $U_B = U_{DS}$

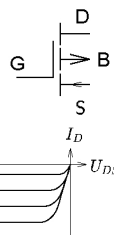
x-Achse: $U_B = U_{GS}$

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

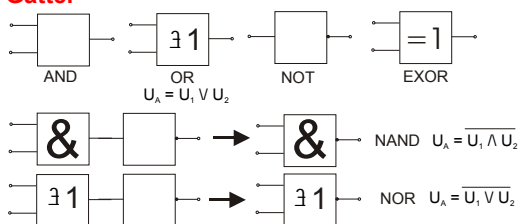


P-MOS-Transistor

- *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



Gatter



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