Einheiten

Kraft	F	Newton	$1\,N=\frac{kg\,m}{s^2}$	Leitwert	G	Siemes	$1\,S=1\,\frac{A}{V}$
Energie	W	Joule	$1\,J=1\,Nm=Ws$ $=A\cdot V\cdot s$	Kapazität	C	Farad	$1\,F=1\,\frac{As}{V}$
Leistung	P	Watt	$1\,W=1\,\frac{Nm}{s}$	Induktivität	L	Henry	$1\,H=1\,\frac{Vs}{A}$
Ladung	Q	Coulomb	$1\,C=1\,As$	magn. Fluß	Φ	Weber	$1\,Wb=1\,Vs$
Spannung	U	Volt	$1\,V=1\,\frac{\Omega}{A}$	magn. Indukt.	B	Tesla	$1\,T=1\,\frac{Vs}{m^2}$
Widerstand	R	Ohm	$1\,\Omega=1\,\frac{V}{A}$	Frequenz	f	Hertz	$1\,Hz=\frac{1}{s}$

Potenzen

Piko	p	10^{-12}	Milli	m	10^{-3}	Tera	T	10^{12}	Kilo	k	10^{3}
Nano	n	10^{-9}	Centi	c	10^{-2}	Giga	G	10^{9}	Hekto	h	10^{2}
Mikro	μ	10^{-6}	Dezi	d	10^{-1}	Mega	M	10^{6}	Deka	da	10^{1}

Basics

$U=R\cdot I$, $R=\frac{1}{G}$, $W=U\cdot I\cdot t$, $P=I^2\cdot R=\frac{U^2}{R}=U\cdot I$, $W_{el}=\int_0^t P(t)\,dt$

$e=-1{,}602\cdot 10^{-19}\,C$, $\epsilon_0=8{,}85\cdot 10^{-12}\,\frac{As}{Vm}$, $\vec{F}=\vec{Q}\cdot\vec{E}$, Punktladung: $\vec{E}=\frac{\vec{Q}\cdot\vec{e}_r}{4\cdot\pi\cdot\epsilon_0\cdot r}$, Kraft zw. 2 Punkten: $\vec{F}=Q_2\cdot\vec{E}_1=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\epsilon_0}\cdot\frac{Q_1\cdot Q_2}{r^2}\cdot\vec{e}_r$, **Kirchoff**: Knoten: $\sum_j v_j\cdot I_j=0$, abfließend: $v_j=-1$; Maschen: $\sum_j v_j\cdot U_j=0$, entgegengesetzt: $v_j=-1$ **spez. Widerstand** ρ: $R=\rho\cdot\frac{l}{A}$; **Induktivität**: $L=\mu\frac{N\cdot A}{l}$

Kondensator

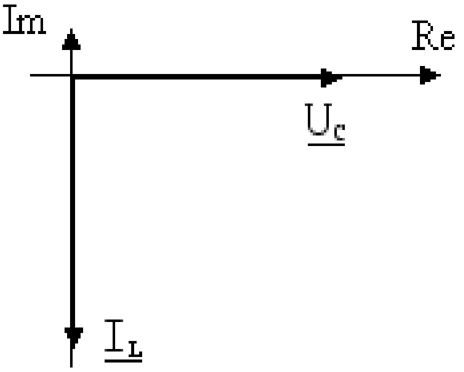
el. Flussdichte: $\vec{D}=\epsilon_0\cdot\epsilon_r\cdot\vec{E}$; $C=\frac{Q}{U}=\frac{\epsilon\cdot A}{d}$ (A Fläche, d Abstand); $E=\frac{U}{d}$ (Feldstärke im Zw.raum); Ladung auf Kondensator bleibt, wenn Spannung abgetrennt wird; Zylinderkond.: $C=\frac{2\cdot\pi\cdot\epsilon\cdot l}{\ln(r_a/r_i)}$; Parallel: $Q_{ges}=\sum Q_i\Rightarrow C_{ges}=\sum C_i$, Reihe: $U_{ges}=\sum U_i\Rightarrow\frac{1}{C_{ges}}=\sum\frac{1}{C_i}$; Arbeit bei Kond.: $W=\frac{C}{2}\cdot U^2$; Ladung verteilt sich auf Kond. gemäß ihrer Kapazität: $\frac{C_2}{C_1}=\frac{Q_2}{Q_1}$; Zylinderkond. mit untersch. Dielektrizität: $C=\frac{2\cdot\pi\cdot\epsilon_0\cdot l}{\ln(r_1/r_i)/\epsilon_1+\ln(r_a/r_1)/\epsilon_2}$

komplexe Zahlen

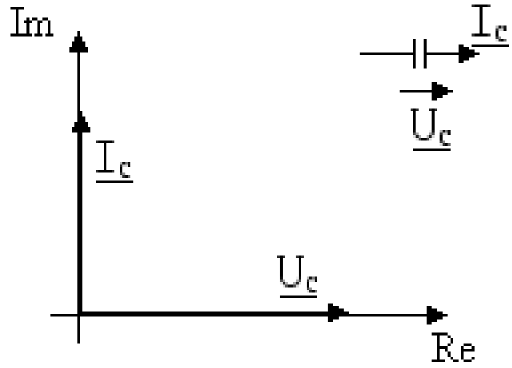
$\underline{z}=x+j\cdot y$; $\underline{z}=r\cdot(\cos\varphi+j\cdot\sin\varphi)$ mit $r=\sqrt{x^2+y^2}$ und $\varphi=\arctan\frac{x}{y}$; Exponentialform: $\underline{z}=r\cdot e^{j\cdot\varphi}$ $\underline{z_1}\cdot\underline{z_2}=r_1\cdot r_2\cdot e^{j\cdot(\varphi_1+\varphi_2)}$; **Widerstand**: $\underline{Z}=\frac{\underline{U}}{\underline{I}}$, **Leitwert**: $\underline{Y}=\frac{\underline{I}}{\underline{U}}$ **Ohmscher Widerstand:** $\underline{Z_R}=R=R\cdot e^{j0°}$, $\underline{Y_R}=\frac{1}{R}$, $I_R(t)=\frac{U_{max}}{R}\cdot\sin(\omega\cdot t)$; **Kapazität:** $\underline{Z_c}=\frac{1}{j\cdot\omega\cdot C}=\frac{1}{\omega C}\cdot e^{-j90°}$, $I_C(t)=C\cdot U_{max}\cdot\omega\cdot\cos(\omega\cdot t)$; **Induktivität:** $\underline{Z_L}=j\cdot\omega\cdot C=\omega L\cdot e^{+j90°}$, $I_L(t)=-\frac{U_{max}}{L}\cdot\omega\cdot\cos(\omega\cdot t)$; ω: **Winkelgeschw.**; $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi\cdot f$, f: **Frequenz** Kirchhoff'sche Gesetze gelten; Regeln: **1)** $\frac{1}{j\cdot y}=\frac{-j}{y}$, **2)** $\frac{1}{x+j\cdot y}=\frac{x-j\cdot y}{x^2+y^2}$, **3)** $\left|\frac{z}{x+j\cdot y}\right|=\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2}}$, **4)** $\underline{Z_1}\|\underline{Z_2}\Rightarrow\frac{\underline{Z_1}\cdot\underline{Z_2}}{\underline{Z_1}+\underline{Z_2}}$

Amplitudengang: $A(\omega)=|\underline{H}(\omega)|=\left|\frac{\underline{U_a}}{\underline{U_e}}\right|$, Phasengang: $\varphi(t)=-\arctan(\Im(Z))$; Resonanz in

komplexer Schaltung: $\Im(\underline{Z}) \overset{!}{=} 0$
$\omega=0 \Rightarrow$ Spule wird Kurzschluss, Kondensator Unterbrechung, $\omega=\infty \Rightarrow$ genau umgekehrt
Grenzfrequenz: $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_{max}$ bzw. $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_{max}$; Blindwiderstand: Im{ $\underline{Z}$ }; Wirkwiderstand: Re{ $\underline{Z}$ }; Scheinwiderstand: $|\underline{Z}|$



Im{Z}>0
Im{Z}<0



„In Induktivitäten tun Ströme sich verspäten."

Widerstände

<u>in Reihe:</u> $U_{ges} = \sum U_i$, $I = const.$, $R_{ges} = \sum R_j$ Spannungsteiler: $\frac{U_j}{U_{ges}} = \frac{R_j}{R_{ges}}$, $\frac{U_j}{U_k} = \frac{R_j}{R_k}$

<u>parallel:</u> $I_{ges} = \sum I_i$, $U = const.$, $G_{ges} = \sum G_i$, $\frac{1}{R_{ges}} = \sum \frac{1}{R_i}$ (Sonderfall 2 Widerst.: $R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$)

Stromteiler: $\frac{I_j}{I_{ges}} = \frac{R_{ges}}{R_j}$, $\frac{I_j}{I_k} = \frac{R_k}{R_j}$ (Sonderfall 2 Widerst.: $I_1 = I_{ges} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$)

Magnetismus

magn. Durchflutung: $\Theta = N \cdot I$ (N Anzahl Stromschleifen), **magn. Feldstärke:** $H = \frac{\Theta}{l_m}$ (l_m mittlere Feldlinienlänge im Eisenkern), $N=1$: $H = \frac{1}{2\pi \cdot r}$; **magn. Flussdichte:** $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$;

magn. Feldkonstante: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$; **magn. Fluss** Φ_m**:** $\Phi_m = B \cdot A \cdot \cos(\Theta)$ **Induktivität:**

$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l_m}$, A Querschnitt, Richtung von $\vec{H}$ bei geraden stromdurchflossenen Leitern: Rechte-Hand; $H = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$, $\vec{H} = H(\cos\alpha \, \vec{e}_x + \sin\alpha \, \vec{e}_y)$, $\vec{F} = I(\vec{l} \, x \, \vec{B})$; **magn. Fluss:**

$\Phi = \int_A \vec{B} \, d\vec{A} = \cos(\vec{A}, \vec{B}) \cdot \int_{x=0}^{l} Bh \, dx$ (wobei $A = l \cdot h$); induzierte Spannung in Spule: $U_i(t) = -n \frac{d\Phi}{dt}$ (n Windungszahl der Spule)

Kochrezepte

<u>Ersatzspannungs-/Stromquelle:</u> Berechne Innenwiderstand (Gesamtwiderstand R_i **an Klemmen** (dazu Quellen ignorieren)), Leerlaufspannung U_0 (Spannung ohne Last zwischen Klemmen, also die am letzten Widerstand R_L abfallen würde; berechne dazu R_{ges} (an Quelle!), dann $I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}}$ (U Quellenspannung!), über Stromteilerregel erhält man I_L an der Last, dann ist $U_0 = I_L \cdot R_L$; $I_K = \frac{U_0}{R_i}$; Spannungsquelle: U_0 und R_i angeben, Stromquelle: I_K und R_i. $U = U_0 - R_i \cdot I$, $I = I_k - G_i \cdot U$

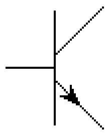
<u>MSV:</u> $z-(k-1)$ l.u. Maschengl. **1)** Strom- in Spannungs-quelle umwandeln **2)** Wahl der Maschen, virtuellen Maschenstrom einzeichnen **3)** Matrix: $R_{i,i} = \sum R$ in Masche i, $R_{i,j} = \sum gem. R$ in i, j ($-$, falls I entgegengesetzt) **4)** Ergebnisvektor: $U_i = \sum U$, U Spannungsquelle in Masche i ($-$, falls U in Richtung I_i) **<u>KPV:</u>** $k-1$ l.u. Knotengl. **1)** Spannungs- in Stromquelle umwandeln **2)** R in G umwandeln $G = \frac{1}{R}$, Knoten wählen, $\varphi_0 = 0\text{V}$, virtuelle Spannung U_{x_0} von jedem Knoten zu φ_0 def. **3)** $G_{i,i} = \sum G$, die an Knoten φ_i grenzen, $G_{i,j} = -\sum$ aller G_i zw. φ_i und φ_j **4)** $I_j =$ Summe der ab- ($-$) und

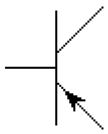
zufließenden (+) Ströme an φ_j **Leistung an geg. Lastwiderstand R_L :**
$P_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{U_0 \cdot R_L}{R_{ges}} \cdot \frac{1}{R_L} = \frac{U_0}{R_{ges}}$ **Superpositionsprinzip:** (U oder I im Netzwerk mit mehreren Quellen) **a)** Stromquelle weglassen, 1. Teilkomponente an gew. Stelle berechn. **b)** Spannungsquelle weglassen, 2. Teilkomponente ab gew. Stelle berechn.; $I_{ges} = I_{01} + I_{02}$

Diode

„Ventil", Arbeitspunkt einer Diode feststellen: Diode kurzschlieflen und I_K bestimmen, Diode rausnehmen (Leerlauf) und U_0 bestimmen. I_K und U_0 als Punkte auf Achsen eintragen. Schnittpunkt der Gerade durch die Punkte mit der Kennlinie ist Arbeitspunkt. Grafisch Diodenstrom und Diodenspannung bestimmen.

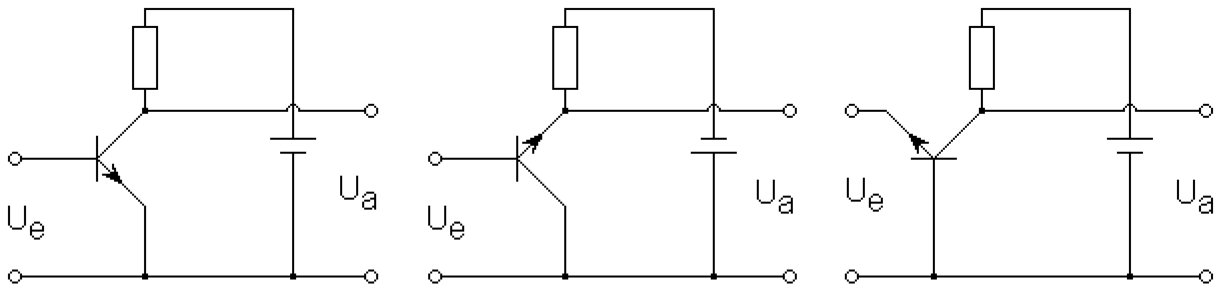
Bipolar-T


npn-Transistor


pnp-Transistor

$I_B = \frac{U_{BB} - U_{BE_{ein}}}{R_B}$; $I_C|_{U_{CE}} = U = \frac{U_B}{R_C}$

Transistor



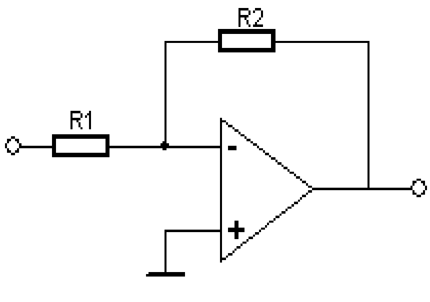
Emitterschaltung Kollektorschaltung Basisschaltung

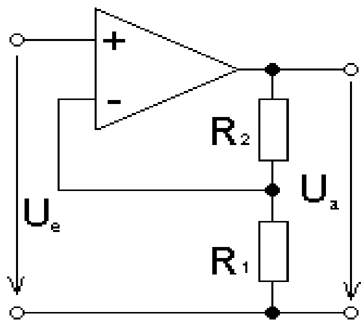
wichtigster Schaltungstyp: Emitterschalt., dabei ist Spannungsquelle über einen gemeinsamen Anschluß-punkt mit dem Emitter verbund.

Kollektorwiderstand: $R_C = \frac{U_B - U_{CE}}{I_C}$; I_B (Basisstrom): ablesen im Diagramm $\{U_{CE}\} \times \{I_C\}$; Basisstromverstärkung $B = \frac{I_C}{I_B}$; U_{BE} : ablesen im Diagramm $\{U_{BE}\} \times \{I_B\}$; Widerstände in Querzweigen R_{Q1} , R_{Q2} : $R_{Q1} = \frac{U_B - U_{BE}}{I_{Q1}}$, $R_{Q2} = \frac{U_{BE}}{I_{Q1}}$

OP-Verstärker

Bei Maschenumläufen: Niemals durch den OPAMP durch!
Wenn + von Quelle an + von OpAmp (und - an -) dann Ausgangsspannung positiv, sonst negativ!
invertierender Verstärker: $U_a = -U_e \cdot \frac{R_2}{R_1}$, nicht inv. Verstärker: $\frac{U_a}{U_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$





Gleichspannung: $\omega = 0$; Grenzfrequenz: $\left|\frac{U_a}{U_e}\right| = v_0 \frac{1}{\sqrt{2}}$, wobei v_0 Gleichspannungsverstärkung
an Eingängen fließt kein Strom, Spannung zwischen + und -: $U_D = 0$

Mathe

Cramersche-Regel: $x_i = \frac{det(A_i)}{det(A)}$ mit $A_i = A$, nur dass i -te Spalte durch Ergebnisvektor ersetzt

Vektorrechnung: Winkel: $\alpha = \arccos\left(\frac{\vec{x} \cdot \vec{y}}{|\vec{x}| \cdot |\vec{y}|}\right)$, $\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{pmatrix}$