

Stromstärke

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \int J \cdot d\vec{A}$$

Spannung

$$U = \frac{W}{Q}$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

EL. Strahldichte

$$j = \frac{I}{A} \left[\frac{A}{m^2} \right]$$

Leistung

$$P = \frac{W}{t} [W]$$

$$P = U \cdot I$$

$$= R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

Ohmscher Widerst.

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = R \cdot I$$

EL. Feldstärke

$$E = \frac{U}{d} \left[\frac{V}{m} \right]$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$$

Leitfähigkeit

$$\kappa = \frac{j}{E} \left[\frac{S}{m} \right]$$

diff. Widerst.

$$R_{diff} = \frac{dU}{dI}$$

spez. Widerst.

$$\rho = \frac{1}{\kappa} = \frac{E}{j} [\Omega m]$$

Arbeit

$$W = U \cdot I \cdot t \quad [J = Nm = Ws]$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{Nutz}}{P_{zu}}$$

Leitungswiderst.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = \frac{\rho}{\kappa \cdot A}$$

statischer Widerstand

$$R_{stat} = \frac{U}{I}$$

$$P_{zu} = P_{Nutz} + P_{vert}$$

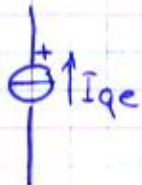
$$P_{Nutz} = U \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$$

Temperaturabhängiger R

$$R_{27} = R_{20} [1 + \alpha_{20} (27 - 20^\circ C) + \beta_{20} (27 - 20^\circ C)^2]$$

$$\frac{R_{27}}{R_{21}} = \frac{27 + (\frac{1}{\alpha_{20}} - 20^\circ C)}{21 + (\frac{1}{\alpha_{20}} - 20^\circ C)}$$

$$\Delta 27 = \frac{R_{27} - R_{21}}{R_{21} \cdot \alpha_{20}}$$



Knotenpunktsatz

$$\sum I = 0$$

Maschewatz

$$\sum U = 0$$

Sp. teiler

$$\frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R_g}$$

Str. teiler

$$\frac{I_1}{I} = \frac{G_1}{G_g}$$

Lineare Quellen

$$I_k = \frac{U_q}{R_i} \text{ (Sp.qu.)} \quad U_L = \frac{I_q}{G_i} \text{ (Str.qu.)}$$

Kettensp. teiler

$$R_1 = R_a (a-1) \quad R_2 = R_a \frac{a}{a-1}$$

Leistungsanpassung

$$P = \frac{U_q^2}{4 R_i} \quad R_v = R_i \quad \eta = 50\%$$

$$U \approx U_q \quad R_a \gg R_i \quad \eta \rightarrow 1$$

dotierte Halbleiter

$$n\text{-Typ: } n \approx n_p$$

(Donator)

$$p\text{-Typ: } p \approx p_o$$

$$p \cdot n = n_i^2$$

(Akzeptor)

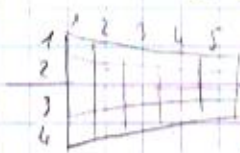
Schicht- / Flächenwiderst.

$$R_{\square} = \frac{1}{\kappa \cdot d}$$

$$R = \frac{5}{4} R_{\square}$$

Kal. Heter

R nimmt mit steigender T zu



Geometriezahl $\frac{5}{4}$

$$R = R_{\square} \cdot \frac{L}{B}$$

Techn. Stromrichtung: + → -

Kelvin 273 K = 0°C

Driftstrom

spez. Leitfähigkeit

$$\vec{I} = \vec{I}_p + \vec{I}_n = e \cdot \vec{A} (p \cdot \vec{v}_+ - n \cdot \vec{v}_-)$$

$$\sigma = e (b_n \cdot n + b_p \cdot p)$$

$$= e \cdot A (p v_+ + n v_-)$$

Driftgeschw.

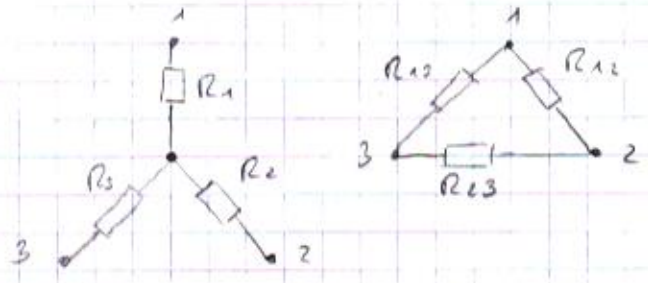
Beweglichkeit

$$v_- = -b_n \cdot \vec{E}$$

$$v_+ = -b_p \cdot \vec{E}$$

$$b_n = \frac{e \cdot \tau_{n0}}{m^*}$$

$$\left[\frac{cm^2}{Vs} \right]$$



λ-Δ- Umformungen

$$\lambda \rightarrow \Delta: G_{12} = \frac{G_1 + G_2}{G_1 + G_2 + G_3} \quad G_{13} = \frac{G_1 \cdot G_3}{G_1 + G_2 + G_3} \quad G_{23} = \frac{G_2 + G_3}{G_1 + G_2 + G_3}$$

$$\Delta \rightarrow \lambda: R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}} \quad R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}} \quad R_3 = \frac{R_{13} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}$$

Zweipoltheorie

Solange vereinfachen bis lineare Sp.- oder Str.qü. entsteht.

R in Reihe zu Str.qü. 1 R parallel zur Sp.qü. zwecklos? $R_{ic} = \frac{U_{qe}}{I_{qe}}$

Zweigstromanalyse:

k-1 Knoten gl. $u = z - (k-1)$ unabhängige Knoten gl.



li Seite z Zweige

Vollständigen Baum einzeichnen, Ku.- und Ma. Gl aufstellen → Matrix

Knotenpotentialanalyse (KPA):

- R → G, Bezugsnoten festlegen, R zwecklos?, Sp.qü → Str.qü.
- Zählpfeile eintragen: Knoten → Bezugsnoten
 niedriger → höher Index
 Quellenströme wie oben
- Matrix aufstellen (symm. bez. Hauptdiagonale; Verbindungsleitwert -)
- bei idealer Sp.qü.: - an Bezugsku. ⇒ $U_q = U_{i0}$
 ⇒ Zeile i ausmultipl. (1 Zeile weniger)
 - evntl. Sp.qü. über Ku. verschieben, in Str.qü. umwandeln

Leistung thermisch

$$W_{th} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad c: \text{Stoffkonst. } \frac{Ws}{kg \cdot K}$$

$$P_{th} = \frac{A \cdot \lambda}{l} \cdot \Delta T \quad \lambda: \text{Wärmeleitfähigkeit } \frac{W}{kg \cdot m}$$

$$R_{th} = \frac{l}{A \cdot \lambda} = \frac{1}{A \cdot \alpha} \quad \alpha: \text{Wärmeübergangszahl}$$

ideale HL-Diode

$$R_{diff} = \frac{U_T}{I}$$

$$I = I_s (e^{u/U_T} - 1)$$

nichtlineare Quelle

$$I = I_s \cdot e^{u/U_T}$$

$$U_0 = U_T \cdot \ln \frac{I_L}{I_s}$$

$$I = I_L - I_D = I_L - I_s \cdot e^{u/U_T}$$

zusammenschalten: lin. und nicht. lin.

Serienschaltung: $I = I_R = I_D \quad U = U_R + U_D$

Parallelschaltung: $I = I_R + I_D \quad U = U_R = U_D$

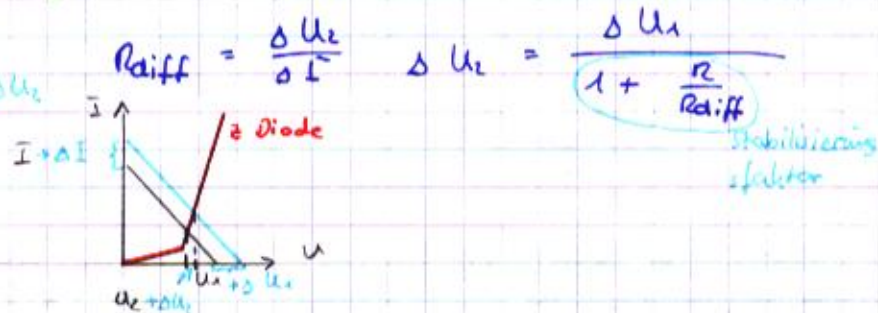
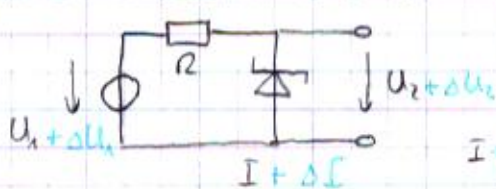
zusammenschalten: nicht lin. Elemente (Dioden)

Serienschaltung: $U_2 = n \cdot U_D$ (gl. Dioden)

$$U_2 = \sum_{i=1}^n U_{Di} \quad (\text{versch. Dioden})$$

Parallelschaltung: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_{s1}}{I_{s2}} \Rightarrow I = I_s \cdot (e^{u/U_T} - 1)$ (zuseifeln!) Stabilisierungsfaktor

Nichtlineare Elemente



Widerstandsmessung

kl. Ströme: bis 10 kΩ Spannungsrichtig

gr. " : bis 1 kΩ Spannungsrichtig

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$$

$$N_0 = 6 \cdot 10^{23} \text{ Atome/mol}$$

$$p \cdot 10^{-12}$$

$$T \cdot 10^{11}$$

$$n \cdot 10^{-9}$$

$$G \cdot 10^9$$

$$\mu \cdot 10^{-6}$$

$$M \cdot 10^6$$

$$m \cdot 10^{-3}$$

$$h \cdot 10^3$$

$i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$
 $i(t) \approx 0,37 I_0$

Strahldichte

$$\vec{j} = \kappa \cdot \vec{E}$$

Leistungsdichte

$$S = J \cdot E \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

el. Flussdichte

$$D = \frac{Q}{A} \quad \left[\frac{C}{m^2} = \frac{As}{m^2} \right]$$

$$D = \epsilon_0 \cdot E$$

Coloumbkraft

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

dielekt. Flussdichte

$$D = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E$$

Ladung v. C

$$Q = C \cdot U$$

Kapazität C

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} \quad \left[F = \frac{As}{V} \right]$$

diel. Fluss

$$\Psi = \int \vec{D} \cdot d\vec{A}$$

Laden von C

$$u = U_0 \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

$$i = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

Entladen von C

$$u = U_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

$$i = I_0 \cdot e^{-t/\tau}$$

Serienschaltung C

$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

$$Q_v = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

Parallelschaltung C

$$C_g = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots$$

Energie/-dichte in C

$$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

$$= \frac{1}{2} E \cdot D$$

$$= \int w \cdot dV$$

Kräfte auf Leiter

$$\vec{F} = (\vec{E} \times \vec{B}) \cdot \vec{l} = e \cdot D \cdot I \cdot \sin \alpha$$

magn. Fluss

$$\Phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad [Vs = W]$$

Re. Hand. - Regel

$$B \quad \left[\frac{Vs}{m^2} = T \right]$$

Dauern $\rightarrow I$

Zeigefi. $\rightarrow B$

Mittelfi. $\rightarrow F$

magn. Feldstärke

$$H = \frac{I}{2\pi r} = \frac{1}{\mu_0 \mu_r} B \quad \left[\frac{A}{m} \right]$$

Durchflutung

$$\Theta = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \Sigma I_{\text{eing.}}$$

Lorentzkraft

$$\vec{F} = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot Q$$

$$V_u = \int \vec{H} \cdot d\vec{s}$$