

# Formelblatt Elektronik ET052

## Konstanten

Elementarladung:  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ [As]}$

Ladungsträgerdichte Kupfer:  $n = 10^{23} \left[ \frac{1}{\text{cm}^3} \right]$

Boltzmann-Konstante:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \left[ \frac{\text{Ws}}{\text{K}} \right]$

## Grundlagen

$$U = R \cdot I \left[ \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot \text{A} \right] = [\text{V}]$$

$$U = E \cdot l \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot \text{m} \right] = [\text{V}]$$

$$I = \frac{Q}{t} \left[ \frac{\text{As}}{\text{s}} \right] = [\text{A}]$$

$$Q = e \cdot n \cdot V \left[ \text{As} \cdot \text{cm}^3 \frac{1}{\text{cm}^3} \right] = [\text{As}]$$

$$P = U \cdot I \text{ [V} \cdot \text{A]} = [\text{W}]$$

$$P = \frac{U^2}{R} \left[ \frac{\text{V}^2 \cdot \text{A}}{\text{V}} \right] = [\text{W}]$$

## Elektrischer Widerstand

Driftgeschwindigkeit:  $v = \frac{l}{t} = \frac{I}{e \cdot n \cdot A} \left[ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$  Ladungsträgerbeweglichkeit:  $\mu = \frac{v}{E} = \frac{v \cdot l}{U} \left[ \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \right]$

spez. Widerstand:  $\rho = \frac{1}{n \cdot e \cdot \mu} = \frac{R \cdot A}{l} \text{ [}\Omega \text{ cm]}$  oder  $\left[ \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} \right]$ , spez. Leitwert:  $\kappa = \frac{1}{\rho}$

Allgemein:  $R = \rho \cdot \frac{l}{A} \left[ \frac{\text{V}}{\text{A}} \right]$

Temperaturabhängigkeit:  $R_T = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T + \beta \cdot \Delta T^2 + \gamma \cdot \Delta T^3)$ ,  $\alpha = \frac{\frac{\Delta R}{R_{20}}}{\Delta T}$

## Wechselspannung (sinusförmig, symmetrisch)

Scheitelwert:  $\hat{U} = \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}$

Augenblickswert:  $U(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$

Linearer Mittelwert:  $U_{\text{av}} = \frac{\hat{U}}{\pi}$  (Einweggleichrichtung ohne C)

Linearer Mittelwert:  $U_{\text{av}} = \frac{2\hat{U}}{\pi}$  (Zweiweggleichrichtung ohne C)

## Gleichrichterschaltungen

Dioden-Stromflusszeit:	$t_l = \frac{T}{4} - \frac{\arcsin\left(\frac{U_{C_Lmin}}{U_{C_Lmax}}\right)}{\omega}$
Kondensator-Entladezeit:	Einweg-Gleichrichtung: $t_e = T - t_l$ Zweiweg-/Brückengleichrichtung: $t_e = \frac{T}{2} - t_l$
Kondensator-Entladefunktion:	$U_C = \hat{U} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \tau = R \cdot C$
Kondensator-Kapazität:	$C = \frac{-t_e}{\ln\left(\frac{U_{C_Lmin}}{U_{C_Lmax}}\right) \cdot R_L}$
Kondensator-Energie:	$W_C = \frac{C \cdot U_C^2}{2}$

## Halbleiter

Einteilung (L, HL, NL):	bis $\kappa = 10^{-2}$ , bis $\kappa = 10^{-12}$ , ab $\kappa = 10^{-2} \left[ \frac{m}{\Omega \text{ mm}^2} \right]$
Natürliches Silizium:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 Protonen, (2,8,4) Elektronen</li> <li>• kristallin</li> <li>• 25,8% Anteil in Erdrinde</li> <li>• Bandabstand Valenz- nach Leitungsband 1,12eV</li> </ul>
Reinheitsgrad Silizium:	$10^{10} : 1$ (Halbleiterherstellung)
Eigenleitfähigkeit:	extrem Temperaturabhängig wegen Aufreißen von Atombindungen → Gitterschwingungszunahme, steigt exponentiell
Dotierungsgrad:	stark: $1 : 10^3$ , schwach: $1 : 10^7$
Diffusionspannung:	Germanium: $U_{FS} = 0,3 \text{ V}$ , Silizium $U_{FS} = 0,7 \text{ V}$ Temperaturabhängigkeit: $\Delta U_F = -2 \left[ \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}} \right]$
Flussspannung:	Germanium: $U_{Fmax} \approx 2 \text{ V}$ , Silizium: $U_{Fmax} \approx 1 \text{ V}$
Sperrstrom:	Germanium: $I_R \approx 1 \mu\text{A}$ , Silizium: $I_R \approx 10 \text{ nA}$
Sperrspannung:	Germanium: $U_{Rmax} \approx 150 \text{ V}$ , Silizium: $U_{Rmax} \approx 1500 \text{ V}$ Temperaturabhängigkeit: verdoppelt sich bei $\Delta T \approx 10^\circ\text{C}$
Temperaturspannung $\left( \frac{W_{th}}{\text{Elektron}} \right)$ :	$U_T = \frac{k \cdot T}{e}, \quad T : \text{Temperatur [K]}$
Shockley-Gleichung des pn-Übergangs:	$I = I_S \cdot \left( e^{\frac{U_F}{U_T}} - 1 \right), \quad I_S : \text{Sättigungsstrom [A]}$