

dummy

Student Group

First Name	Surname	Matrikel Nr.

Table of Contents

Formelsammlung EEE1 / EEE2 - Druckkompakt	2
<i>Konstanten</i>	2
EEE1	2
<i>Grundgrößen, Widerstände, Leistung</i>	2
<i>Kirchhoff, Teiler, Netzwerke</i>	2
<i>Quellen, Ersatzschaltungen, Anpassung</i>	3
<i>Elektrisches Feld, Flussdichte, Kapazität</i>	3
<i>Stromdichte und Leitung im Feld</i>	4
<i>Magnetisches Feld, Fluss, Induktivität</i>	4
<i>Operationsverstärker, ideal</i>	4
EEE2	5
<i>RC-Schaltvorgänge</i>	5
<i>Wechselstrom, komplexe Rechnung, Impedanzen</i>	5
<i>Komplexe Leistung</i>	6
<i>Filter und Grenzfrequenzen</i>	6
<i>RLC-Schwingkreise</i>	6
<i>Magnetisch gekoppelte Spulen / Transformator</i>	7
<i>Halbleiter, Diode, Gleichrichter</i>	7
<i>Bipolartransistor</i>	7
<i>MOSFET</i>	7
<i>dB und Näherungen</i>	8

Formelsammlung EEE1 / EEE2 - Druckkompakt



Konventionen: DC: U, I, R · zeitabhängig: $u(t), i(t)$ · AC-Zeiger: $\underline{U}, \underline{I}, \underline{Z}$ · Effektivwerte: U, I · $\omega = 2\pi f$ · $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ · $\mu = \mu_0 \mu_r$

Konstanten

Größe	Wert	Größe	Wert
Elementarladung	$e = 1.602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	Avogadro	$N_A = 6.022142 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Vakuumpermeabilität	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/(Am)}$	Vakuumpermittivität	$\varepsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$
Thermische Spannung bei 300K	$U_T = \frac{kT}{q} \approx 25.85 \text{ mV}$	Kreisfrequenz	$\omega = 2\pi f, T = \frac{1}{f}$

EEE1

Grundgrößen, Widerstände, Leistung

Thema	Formeln / Hinweise
Ladung, Strom	$Q = n e$ · $I = \frac{dQ}{dt}$ · $i(t) = \frac{dq}{dt}$
Spannung, Energie	$U = \frac{\Delta W}{Q} = \varphi_1 - \varphi_2$ · $W = UQ = UI t$
Leistung	$P = \frac{dW}{dt}$ · DC: $P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$ · $W = Pt$
Widerstand / Leitwert	$R = \frac{U}{I}$ · $U = RI$ · $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$
Differentiell	$r = \frac{du}{di}$ · $g = \frac{di}{du}$
Leiter	$R = \rho \frac{l}{A}$ · $G = \kappa \frac{A}{l}$ · $\kappa = \frac{1}{\rho}$
Temperatur	$R(\vartheta) = R_0(1 + \alpha \Delta\vartheta + \beta \Delta\vartheta^2 + \dots)$

Kirchhoff, Teiler, Netzwerke

Thema	Formeln / Hinweise
Knotenregel	$\sum_k I_k = 0$
Maschenregel	$\sum_k U_k = 0$
Widerstände in Reihe	$R_{\text{eq}} = \sum_k R_k$ · $U_k = I R_k$
Widerstände parallel	$G_{\text{eq}} = \sum_k G_k$ · $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{R_k}$ · zwei: $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
Spannungsteiler unbelastet	$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ · $U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
Spannungsteiler belastet	$R_1 \parallel R_L = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}$ · $U_1 = U \frac{R_1 \parallel R_L}{R_2 + (R_1 \parallel R_L)}$
Stromteiler	$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ · $I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ · allg.: $I_k = \frac{G_k}{\sum_i G_i} I$

Thema	Formeln / Hinweise
Brückenabgleich	$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ · $R_{1R_4} = R_{2R_3}$

Quellen, Ersatzschaltungen, Anpassung

Thema	Formeln / Hinweise
Lineare Quelle	$U = U_{0-R_i}$ · $I = I_{K-G_i}$
Leerlauf / Kurzschluss	$U_0 = U_{\text{OC}}$ · $I_K = I_{\text{SC}}$ · $R_i = \frac{U_{\text{OC}}}{I_{\text{SC}}}$ · $G_i = \frac{I_{\text{SC}}}{U_{\text{OC}}}$
Thevenin / Norton	Thevenin: U_0 in Reihe mit R_i · Norton: I_K parallel zu R_i · $U_0 = I_{KR_i}$ · $I_K = \frac{U_0}{R_i}$
Superposition	Nur linear · Spannungsquelle deaktivieren: Kurzschluss · Stromquelle deaktivieren: Leerlauf · Leistungen nicht direkt addieren
Wirkungsgrad	$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$ · Quelle mit Last: $\eta = \frac{R_L}{R_i + R_L}$
Leistungsanpassung	Max. Lastleistung bei $R_L = R_i$ · $\epsilon = \frac{R_{LR_i}}{(R_L + R_i)^2}$ · bei Anpassung: $\epsilon_{\text{max}} = \frac{1}{4}$

Elektrisches Feld, Flussdichte, Kapazität

Thema	Formeln / Hinweise
Coulomb-Kraft	$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \vec{e}_r$
Feld Punktladung	$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \vec{e}_r$ · $\vec{F} = q \vec{E}$ · $[E] = \text{V/m}$
Spannung im Feld	$U = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s}$ · $\Delta W = q \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s}$
Homogenes Feld	$E = \frac{U}{d}$
Ladungsdichten	$\rho_l = \frac{Q}{l}$ · $\rho_A = \frac{QA}{A}$ · $\rho_V = \frac{QV}{V}$ · differentiell: $\rho_l = \frac{dQ}{dl}$, $\rho_A = \frac{dQ}{dA}$, $\rho_V = \frac{dQ}{dV}$
Flussdichte	$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon_r \vec{E}$ · $\vec{E} = \frac{\vec{D}}{\epsilon_0 \epsilon_r}$
Gauß	$Q = \oint_A \vec{D} \cdot d\vec{A}$
Platte	$D = \frac{QA}{A}$ · $E = \frac{D}{\epsilon_0}$
Koax	$D(r) = \frac{Q}{2\pi l r}$ · $E(r) = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 l r}$
Kapazität	$C = \frac{QU}{U}$ · $Q = CU$
Plattenkondensator	$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{Ad}{A}$
Zylinder / Koax	$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{2\pi l}{\ln(R_o/R_i)}$
Kugelkondensator	$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_r \frac{R_i R_o}{R_o - R_i}$
Kondensatoren parallel	$C_{\text{eq}} = \sum_k C_k$ · $U_1 = U_2 = \dots = U$ · $Q_{\text{ges}} = \sum_k Q_k$
Kondensatoren in Reihe	$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{C_k}$ · $Q_1 = Q_2 = \dots = Q$ · $U_{\text{ges}} = \sum_k U_k$
Energie Kondensator	$W_C = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU = \frac{Q^2}{2C}$

Stromdichte und Leitung im Feld

Thema	Formeln / Hinweise
Stromdichte	$\vec{J} = \sigma \vec{E} \cdot \sigma = \frac{1}{\rho}$
Strom durch Fläche	$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A}$
Spannung entlang Weg	$U = \int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s}$
Leitwert aus Feldgrößen	$G = \frac{IU}{U} = \frac{\iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A}}{\int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{s}}$
Platte	$G = \sigma \frac{A}{l} \cdot R = \frac{l}{\sigma A}$
Koax	$G = \frac{2\pi \sigma l}{\ln(r_a/r_i)}$

Magnetisches Feld, Fluss, Induktivität

Thema	Formeln / Hinweise
Langer Leiter	$H_{\varphi}(r) = \frac{I}{2\pi r}$
Leiterinneres	$H(r) = \frac{I_0}{2\pi r_L^2}$ für $r < r_L$
Magnetische Spannung	$V_m = \int \vec{H} \cdot d\vec{s}$
Durchflutung	$\Theta = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} \cdot \text{Spule: } \Theta = NI \cdot \text{allg.: } \Theta = \sum_k N_k I_k$
Lange Spule	$H = \frac{NI}{l}$
Ringspule / Toroid	$H = \frac{NI}{2\pi R}$
Flussdichte	$\vec{B} = \mu \vec{H} \cdot \mu = \mu_0 \mu_r$
Lorentzkraft	$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B} \cdot F = I l B \sin \alpha$
Magnetischer Fluss	$\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \cdot [\Phi] = \text{Wb} = \text{Vs} \cdot \oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
Induktion	$u_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi}{dt} \cdot \text{mit } N: u_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$
Reluktanz	$R_m = \frac{\Theta}{\Phi} \cdot \text{homogen: } R_m = \frac{l}{\mu A}$
Magnetischer Kreis	$\sum_k \Phi_k = 0 \cdot \sum_k \Theta_k = 0 \cdot \Theta = R_m \Phi$
Luftspalt	$R_{m,\Delta} = \frac{\Delta}{\mu_0 A}$
Induktivität	$L = \frac{\Psi}{I} \cdot \Psi = N \Phi \cdot u_L = L \frac{di}{dt} \cdot u_{\text{ind}} = -L \frac{di}{dt}$
Lange Spule	$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 A}{l}$
Ringspule	$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 h(r_o - r_i)}{2\pi(r_o + r_i)}$
Induktivitäten	Reihe: $L_{\text{eq}} = \sum_k L_k \cdot \text{parallel: } \frac{1}{L_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{L_k}$
Energie Spule	$W_L = \frac{1}{2} LI^2$

Operationsverstärker, ideal

Schaltung / Thema	Formeln / Hinweise
Idealer OPV	$A_0 \rightarrow \infty \cdot R_{\text{in}} \rightarrow \infty \cdot R_{\text{out}} \rightarrow 0$
Gegenkopplung	$u_+ = u_- \cdot i_+ = i_- = 0$
Invertierend	$U_a = -\frac{R_2}{R_1} U_e \cdot A_v = -\frac{R_2}{R_1}$
Nichtinvertierend	$U_a = (1 + \frac{R_2}{R_1}) U_e \cdot A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

Schaltung / Thema	Formeln / Hinweise
Spannungsfolger	$U_a = U_e \cdot A_v = 1$
Addierer invertierend	$U_a = -R_f \left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n} \right)$ · bei gleichen R : $U_a = -\frac{R_f}{R} \sum_k U_k$
Subtrahierer symmetrisch	Bei $R_1 = R_3$, $R_2 = R_4$: $U_a = \frac{R_2}{R_1} (U_2 - U_1)$

EEE2

RC-Schaltvorgänge

Thema	Formeln / Hinweise
Zeitkonstante	$\tau = RC$ · Endzustand praktisch nach ca. 5τ
Lösung 1. Ordnung	$x(t) = x(\infty) + [x(0^+) - x(\infty)] e^{-t/\tau}$
Laden $0 \rightarrow U_s$	$u_C(t) = U_s (1 - e^{-t/(RC)})$ · $i_C(t) = \frac{U_s}{R} e^{-t/(RC)}$ · $q_C(t) = C u_C(t)$
Laden bei $t = \tau$	$u_C(\tau) \approx 0.632 U_s$
Entladen $U_s \rightarrow 0$	$u_C(t) = U_s e^{-t/(RC)}$ · $i_C(t) = -\frac{U_s}{R} e^{-t/(RC)}$
Entladen bei $t = \tau$	$u_C(\tau) \approx 0.368 U_s$
Energieänderung	$\Delta W_C = \frac{1}{2} C (U_1^2 - U_0^2)$
Ladezeit auf Anteil a	$a = \frac{u_C}{U_s}$ · $t = -\tau \ln(1-a)$
Entladezeit auf Anteil a	$a = \frac{u_C}{U_0}$ · $t = -\tau \ln(a)$

Wechselstrom, komplexe Rechnung, Impedanzen

Thema	Formeln / Hinweise
Sinus	$u(t) = \hat{U} \sin(\omega t + \varphi_u)$ · $i(t) = \hat{I} \sin(\omega t + \varphi_i)$
Effektivwert	$X_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$ · Sinus: $U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$, $I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$
Phasenwinkel	$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$
Phasenlage	R: u, i in Phase, $\varphi = 0$ · C: Strom eilt 90° voraus, $\varphi = -90^\circ$ · L: Spannung eilt 90° voraus, $\varphi = +90^\circ$
Komplexe Größe	$\underline{X} = X e^{j\varphi} = X(\cos\varphi + j\sin\varphi)$ · $j^2 = -1$
Impedanz	$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = R + jX$ · $ \underline{Z} = \sqrt{R^2 + X^2}$ · $\varphi = \arctan(\frac{X}{R})$
Admittanz	$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = G + jB$
Komplexes Ohm	$\underline{U} = \underline{Z} \cdot \underline{I}$ · $\underline{I} = \underline{Y} \cdot \underline{U}$
Reihe / parallel	Reihe: $\underline{Z}_{\text{eq}} = \sum_k \underline{Z}_k$ · parallel: $\underline{Y}_{\text{eq}} = \sum_k \underline{Y}_k$, $\frac{1}{\underline{Z}_{\text{eq}}} = \sum_k \frac{1}{\underline{Z}_k}$
Spannungsteiler AC	$\underline{U}_1 = \underline{U} \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$
Stromteiler AC	$\underline{I}_1 = \underline{I} \frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}$

Bauteil	Impedanz	Betrag	Phase
Widerstand	$\underline{Z}_R = R$	R	0°
Kondensator	$\underline{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} = -\frac{j}{\omega C}$	$\frac{1}{\omega C}$	-90°
Spule	$\underline{Z}_L = j\omega L$	ωL	$+90^\circ$

Komplexe Leistung

Thema	Formeln / Hinweise	
Augenblicksleistung	$p(t) = u(t)i(t)$	
Scheinleistung	$S = UI$	
Wirkleistung	$P = UI \cos \varphi$	
Blindleistung	$Q = UI \sin \varphi$	
Komplexe Leistung	$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* \cdot S = P + jQ$ $S = UI e^{j\varphi}$	
Leistungsdreieck	$S^2 = P^2 + Q^2$ $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ $\sin \varphi = \frac{Q}{S}$	
Bauteil	Wirkleistung P	Blindleistung Q
Widerstand	$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	$Q = 0$
Spule	$P = 0$	$Q = I^2 \omega L = \frac{U^2}{\omega L}$
Kondensator	$P = 0$	$Q = -I^2 \frac{1}{\omega C} = -\frac{U^2}{\omega C}$

Filter und Grenzfrequenzen

Filter / Thema	Übertragungsfunktion / Betrag / Grenzfrequenz
Allgemein	$\underline{A} = \frac{\underline{U}_{\text{out}}}{\underline{U}_{\text{in}}}$ $A = \underline{A} $ · bei Grenzfrequenz: $A = \frac{1}{\sqrt{2}}$
RC-Tiefpass, Ausgang C	$\underline{A} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$ $A = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$ $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
RC-Hochpass, Ausgang R	$\underline{A} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$ $A = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$ $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
RL-Tiefpass, Ausgang R	$\underline{A} = \frac{R}{R + j\omega L}$ $A = \frac{1}{\sqrt{1 + (\frac{\omega L}{R})^2}}$ $f_c = \frac{R}{2\pi L}$
RL-Hochpass, Ausgang L	$\underline{A} = \frac{j\omega L}{R + j\omega L}$ $A = \frac{\omega L}{\sqrt{1 + (\frac{\omega L}{R})^2}}$ $f_c = \frac{R}{2\pi L}$

RLC-Schwingkreise

Thema	Formeln / Hinweise
Serien-RLC	$\underline{Z} = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$
Resonanz	$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$ $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$
Bei Resonanz	$\underline{Z} = R$
Güte Serienkreis	$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{\omega_0 CR}{1}$
Bandbreite Serienkreis	$\Delta \omega = \frac{R}{L}$ $Q = \frac{\omega_0}{\Delta \omega}$
Parallel-RLC ideal	$\underline{Y} = \frac{1}{R} + j(\omega C - \frac{1}{\omega L})$ Resonanz: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Magnetisch gekoppelte Spulen / Transformator

Thema	Formeln / Hinweise
Gegenseitige Induktivität	$M = k \sqrt{L_1 L_2} \cdot \frac{1}{\mu_0 \mu_r} \frac{1}{l}$
Gekoppelte Spulen	$u_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$ $u_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$
Idealer Transformator	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ $\frac{I_1}{I_2} = -\frac{N_2}{N_1}$ $P_1 = P_2$
Transformierte Last	$Z' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$

Halbleiter, Diode, Gleichrichter

Thema	Formeln / Hinweise
Thermische Spannung	$U_T = \frac{kT}{q}$ · bei 300K: $U_T \approx 25.85 \text{ mV}$
Shockley	$I_D = I_S (e^{\frac{U_D}{nU_T}} - 1)$ · $n \approx 1 \dots 2$
Diodenmodell	Sperre: $I_D \approx 0$ · Si-Diode: $U_D \approx 0.7 \text{ V}$ · Schottky: $U_D \approx 0.2 \dots 0.4 \text{ V}$ · Z-Diode: $U_D \approx -U_Z$
Kleinsignalwiderstand	$r_d \approx \frac{nU_T}{I_D}$
Einweggleichrichter ideal	$U_{\text{DC}} \approx \frac{\hat{U}}{\pi}$
Zweiweg / Brücke ideal	$U_{\text{DC}} \approx \frac{2\hat{U}}{\pi}$
Glättung	$\Delta U \approx \frac{I_L}{f_r C}$ · Einweg: $f_r = f$ · Zweiweg/Brücke: $f_r = 2f$
Begrenzerschaltung	positiv: $u_{\text{out}} \approx U_{\text{ref}} + U_D$ · negativ: $u_{\text{out}} \approx U_{\text{ref}} - U_D$

Bipolartransistor

Thema	Formeln / Hinweise
Ströme	$I_E = I_C + I_B$ · $I_C = \beta I_B$ · $I_E = (\beta + 1) I_B$
Stromverstärkung	$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ · $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ · $\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$
Basis-Emitter	Si: $U_{BE} \approx 0.7 \text{ V}$
Bereiche NPN	Sperre: $I_B \approx 0$, $I_C \approx 0$ · aktiv: $I_C \approx \beta I_B$ · Sättigung: $U_{CE} \approx U_{CE, \text{sat}} \approx 0.1 \dots 0.3 \text{ V}$
Kleinsignal	$g_m = \frac{I_C}{U_T}$ · $r_{e\pi} \approx \frac{U_T}{I_E}$ · $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$
Emitterschaltung	ohne Gegenkopplung: $A_v \approx -g_m R_C$ · mit R_E : $A_v \approx -\frac{R_C}{R_E + R_C}$

MOSFET

Thema	Formeln / Hinweise
N-Kanal Enhancement	Sperre: $U_{GS} < U_{th}$ · Linear: $U_{GS} > U_{th}$ und $U_{DS} < U_{GS} - U_{th}$ · Sättigung: $U_{GS} > U_{th}$ und $U_{DS} \geq U_{GS} - U_{th}$
Linearbereich	$I_D \approx k (U_{GS} - U_{th}) U_{DS} - \frac{U_{DS}^2}{2}$

Thema	Formeln / Hinweise
Sättigung	$I_D \approx \frac{k_2(U_{GS} - U_{th})^2}{2}$
Kanallängenmodulation	$I_D \approx \frac{k_2(U_{GS} - U_{th})^2(1 + \lambda U_{DS})}{2}$
Transkonduktanz	$g_m \approx \frac{2I_D}{U_{GS} - U_{th}}$

dB und Näherungen

Thema	Formeln / Werte
dB Spannung / Strom	$A_{\mathrm{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{X_2}{X_1} \right)$
dB Leistung	$P_{\mathrm{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$
Häufige Werte	$e^{-1} = 0.368$ · $1 - e^{-1} = 0.632$ · $\sqrt{2} = 1.414$ · $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$ · $20 \log_{10} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) = -3.01 \, \mathrm{dB}$

From:

<https://wiki.mexle.org/> - **MEXLE Wiki**

Permanent link:

<https://wiki.mexle.org/dummy?rev=1779794836>

Last update: **2026/05/26 13:27**

