

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	$U = \frac{\Delta W}{Q} = \varphi_1 - \varphi_2$ --- $W = UQ = \int U dt$
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	$R_1 \parallel R_L = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}$ --- $U_1 = U \frac{R_1 \parallel R_L}{R_2 + (R_1 \parallel R_L)}$

Thema	Formeln / Hinweise
Stromteiler	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ --- $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$ --- allg.: $I_k = \frac{G_k}{\sum_i G_i} I$
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	$U = U_0 - R_i I$ --- $I = I_K - G_i U$
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 --- $U_0 = I_{KR} R_i$ --- $I_K = \frac{U_0}{R_i}$
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 $R_L = R_i$ --- $\eta_{\text{max}} = \frac{R_{LR}}{(R_L + R_i)^2}$ --- bei Anpassung: $\eta_{\text{max}} = \frac{1}{4}$

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	$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$
Zylinder / Koax	$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{2\pi l}{\ln(R_o/R_i)}$
Kugelkondensator	$C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon_r \frac{R_o R_i}{R_o - R_i}$
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	$\vec{J} = \sigma \vec{E}$ --- $\sigma = \frac{1}{\rho}$
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	$G = \sigma \frac{A}{l}$ --- $R = \frac{l}{\sigma A}$
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	$\Theta = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s}$ --- Spule: $\Theta = NI$ --- allg.: $\Theta = \sum_k N_k I_k$
Lange Spule	$H = \frac{NI}{l}$
Ringspule / Toroid	$H = \frac{NI}{2\pi R}$
Flussdichte	$\vec{B} = \mu \vec{H}$ --- $\mu = \mu_0 \mu_r$
Lorentzkraft	$\vec{F} = I \vec{l} \times \vec{B}$ --- $F = I l \sin \alpha$
Magnetischer Fluss	$\Phi = \iint_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$ --- $[\Phi] = \text{Wb} = \text{Vs}$ --- $\oint_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
Induktion	$u_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi}{dt}$ --- mit N : $u_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$
Reluktanz	$R_m = \frac{\Theta}{\Phi}$ --- homogen: $R_m = \frac{l}{\mu A}$
Magnetischer Kreis	$\sum_k \Phi_k = 0$ --- $\sum_k \Theta_k = 0$ --- $\Theta = R_m \Phi$
Luftspalt	$R_{m,\Delta} = \frac{\Delta}{\mu_0 A}$
Induktivität	$L = \frac{\Psi}{I}$ --- $\Psi = N\Phi$ --- $u_L = L \frac{di}{dt}$ --- $u_{\text{ind}} = -L \frac{di}{dt}$
Lange Spule	$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 A}{l}$
Ringspule	$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 h(r_o - r_i)}{\pi(r_o + r_i)}$
Induktivitäten	Reihe: $L_{\text{eq}} = \sum_k L_k$ --- 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	$A_0 \rightarrow \infty$ --- $R_{\text{in}} \rightarrow \infty$ --- $R_{\text{out}} \rightarrow 0$
Gegenkopplung	$u_+ = u_-$ --- $i_+ = i_- = 0$
Invertierend	$u_a = -\frac{R_2}{R_1} u_e$ --- $A_v = -\frac{R_2}{R_1}$
Nichtinvertierend	$u_a = (1 + \frac{R_2}{R_1}) u_e$ --- $A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

Schaltung / Thema	Formeln / Hinweise
Spannungsfolger	$U_a = U_e \quad A_v = 1$
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	$\underline{U} = \underline{Z} \underline{I}$ --- $\underline{I} = \underline{Y} \underline{U}$
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	$\underline{S} = \underline{U} \underline{I}^* \quad \text{---} \quad \underline{S} = P + jQ \quad \text{---}$ $\underline{S} = UI e^{j\varphi}$	
Leistungsdreieck	$S^2 = P^2 + Q^2 \quad \text{---} \quad \cos \varphi = \frac{P}{S} \quad \text{---} \quad \sin \varphi = \frac{Q}{S}$	
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	$\omega_{0L} = \frac{1}{\omega_{0C}}$ --- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ --- $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$
Bei Resonanz	$\underline{Z} = R$
Güte Serienkreis	$Q = \frac{\omega_{0L}}{R} = \frac{\omega_{0C}}{R}$
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	$M = k \sqrt{L_1 L_2}$ --- $0 \leq k \leq 1$
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	$\underline{Z}' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \underline{Z}_L$

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	$g_m = \frac{I_C}{U_T}$ --- $r_e \approx \frac{U_T}{I_E}$ --- $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$
Emitterschaltung	ohne Gegenkopplung: $A_v \approx -g_m R_C$ --- mit R_E : $A_v \approx -\frac{R_C}{R_C + R_E}$

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 $U_{DS} \geq U_{GS} - U_{th}$

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

dB und Näherungen

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

From:

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

Permanent link:

<https://wiki.mexle.org/dummy?rev=1779795128>

Last update: **2026/05/26 13:32**

