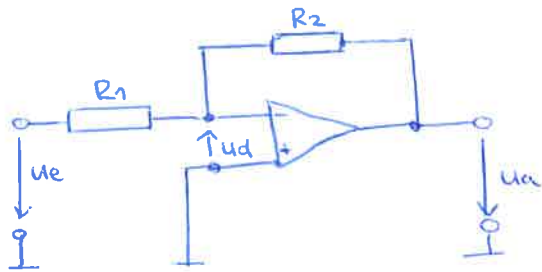
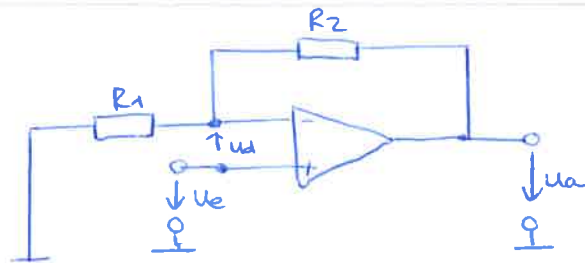


OPERATIONSVERSTÄRKER

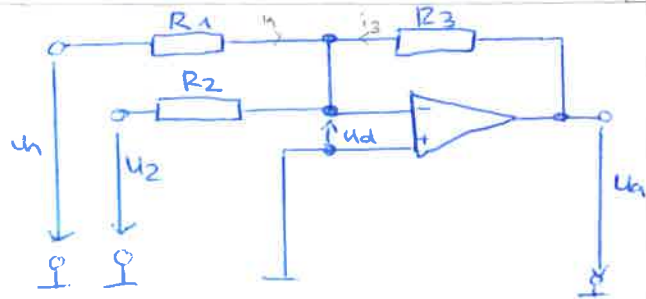
Grundsaltungen



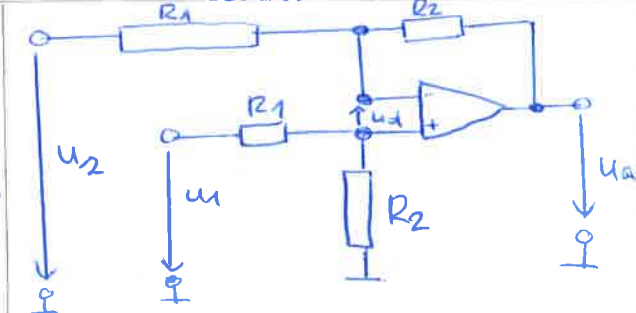
Invertierender Verstärker
 $u_a = u_e \cdot \left(-\frac{R_2}{R_1}\right)$ $V_u = -\frac{R_2}{R_1}$



Nichtinvertierender Verstärker
 $u_a = u_e \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$ $V_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

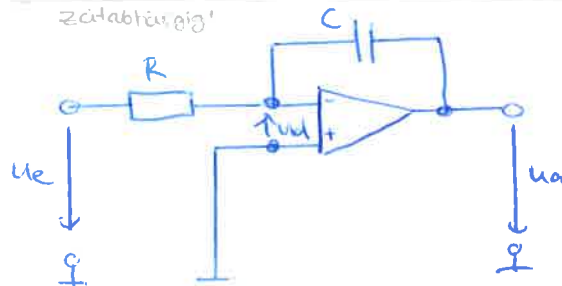


Invertierender Summierer
 $u_a = -R_3 \cdot \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}\right)$



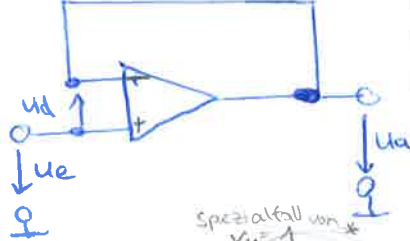
Subtrahierer
 $u_a = \frac{R_2}{R_1} \cdot (u_1 - u_2)$

Zeitabhängig



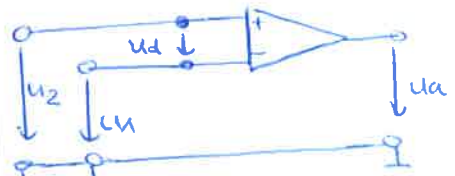
Integrierer
 $u_a(t) = -\frac{1}{R \cdot C} \int u_e(\tau) d\tau + K$

schützt Signalquelle vor Belastung
 → keine Signalverfälschung



Impedanzwandler:
 $u_a = u_e$

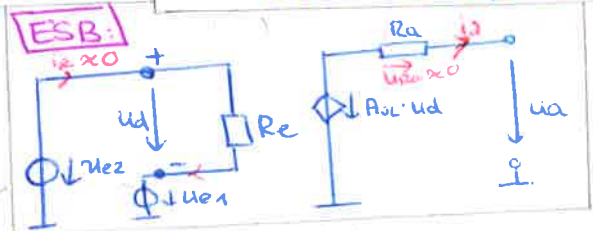
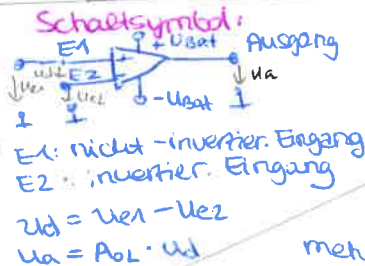
Spezialfall von $V_u = 1$
 $R_1 \rightarrow \infty$
 $R_2 = 0$



Komparator
 $u_a = V_{OL} \cdot (u_2 - u_1) = A_{OL} \cdot u_d$
 $u_a = \begin{cases} u_{a,max} & \text{für } u_1 < u_2 \\ 0V & \text{für } u_1 = u_2 \\ u_{a,min} & \text{für } u_1 > u_2 \end{cases}$

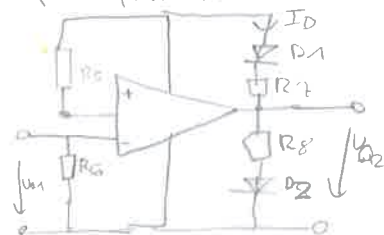
Idealer OP:

- Eingangswiderstand $R_e \rightarrow \infty$
 → keine Ströme fließen in OP
- Ausgangswiderstand $R_a = 0 \Omega$
 → Ausgang = ideale Spannungsquelle
- Leerlaufverstärkung $A_{OL} \rightarrow \infty$
- OP ist symmetrisch
- es gilt: $u_d \approx 0$, $i_e = 0$
- Gegenkopplung $u_d \approx 0$



mehrere Verstärker
 $V_{u2} = V_{u1} \cdot V_{u2}$

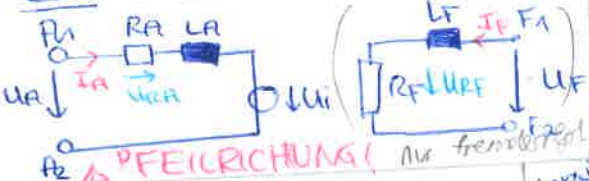
Bsp Komparator:



Schwelle bei 10V
 → $U_{RG} = 10V$

GLEICHSTROMMASCHINE

ESB → L_F, L_F können weggelassen werden → weg lassen



Leistungen

$P_F = U_F \cdot I_F$ (fremdnetz)
 $P_F = 0W$ (permanentmagnet)
 $P_A = U_A \cdot I_A$ Anker
 $P_{i, mech} = U_A \cdot I_A = 2 \cdot M \cdot \Omega$
 $\eta = \frac{\text{genutzte Leistung}}{\text{aufgewendete Leistung}} = \frac{P_N}{P_{F,N} + P_{A,N}}$
 $P_{VA,N} = P_{A,N} - P_N = R_A \cdot I_A^2 = \frac{P_N}{\eta}$
 $(P_{A,N} = \frac{P_N}{\eta} - P_{F,N}) \quad \eta = \frac{P_N}{P_{A,N} + (R_A + R_F) \cdot I_A^2}$

Verluste

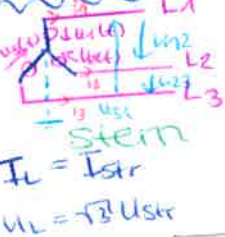
Erger: $P_{VF,N} = U_{F,N} \cdot I_{F,N}$
 Stator: $P_{VA,N} = P_{mech,N} - P_{el,N} = P_{A,N} - P_N$
 Geschw: $P_{VA,N} = P_{VF,N} + P_{VA,N}$

GENERATOR

Bremsen & Gegenstrom-
 bremsen
 $P_{mech} < 0$
 MOTOR
 nachwärts
 $P_{mech} > 0$

ASYNCHRONMASCHINE

DREHSTROM



$I_L = I_{str}$
 $U_L = \sqrt{3} \cdot U_{str}$
 $S = 3 \cdot U_s \cdot I_s = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L$
 $P = 3 \cdot U_s \cdot I_s \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \phi$
 $Q = 3 \cdot U_s \cdot I_s \cdot \sin \phi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \phi$

Verhältnisse:

$\frac{I_{\Delta}}{I_{\Delta}} = \sqrt{3} \quad \frac{I_{L\Delta}}{I_{Lr}} = 3 \quad \frac{S_{\Delta}}{S_r} = 3$

$P_{V,N} = P_{avg,N} - P_N$

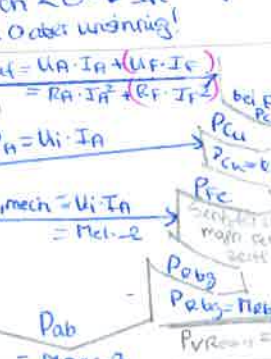
Widerstände

$R_F = \frac{U_F}{I_F} = \frac{P_{F,N}}{(I_{F,N})^2}$
 $R_A = \frac{U_A}{I_A} = \frac{U_{A,N} - U_{F,N}}{I_{A,N}} = \frac{P_{VA,N}}{I_{A,N}^2}$

Leistung

$U_i = c \cdot \Phi \cdot \Omega$
 $M_{el} = c \cdot \Phi \cdot I_A$
 $\Omega = \frac{U_A}{c \cdot \Phi} - \frac{R_A \cdot M_{el}}{c \cdot \Phi^2}$
 (Drehzahl-Drehmoment - Beziehung)

Generatortrieb:



GM als Generator (fremdnetz)

$R_{\Sigma} = \frac{P_{A,N}}{I_{A,N}^2} = \frac{P_{A,N} + P_{VA,N} + P_{VF,N}}{I_{A,N}^2}$
 $\eta = \frac{P_{mech,N}}{P_{el,N}} = \frac{P_{A,N}}{P_{A,N} + P_{VA,N}}$
 Ankerinduktion:
 Veranlassung d. Hauptmagnetfelds
 durch Ankerquerkfeld

$I_F = I_{F,N} \cdot c \cdot \Phi$
 $c \cdot \Phi = \text{konstant}$
 $\rightarrow c \cdot \Phi = \frac{U_F}{I_F} \rightarrow U_F = c \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot n$
 $\rightarrow c \cdot \Phi = \frac{M_{el}}{I_A} \rightarrow \frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

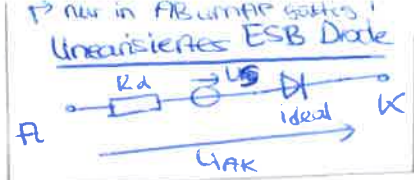
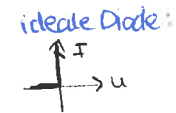
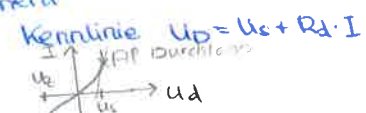
$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

$\frac{M_{el,AP1}}{I_{A,AP1}} = \frac{M_{el,AP2}}{I_{A,AP2}} = \frac{M_{el,N}}{I_{A,N}}$

DIODE (p-n-Übergang) Halbleiterelement



Pluspol an Anode: Durchbruchrichtung
 Pluspol an Kathode: Sperrrichtung

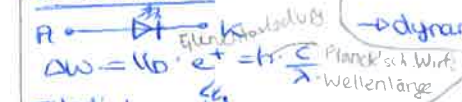


LINEARISIERUNG:

- I Arbeitspunkt (A) und Arbeitsbereich festlegen
- Sekante durch A u. B → neue Kennlinie
- Gleichung bestimmen: $U = R_d \cdot I + U_s$
 $\rightarrow R_d = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}, U_s = U_1 - R_d \cdot I_1$



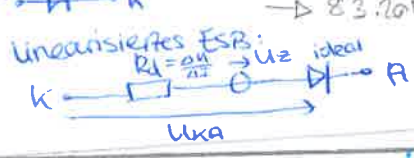
Leuchtdiode:



→ statischer Widerstand: $R_s = \frac{U_1(A.P.)}{I_1(A.P.)}$
 → dynamischer Widerstand $R_d = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

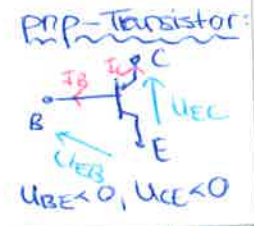
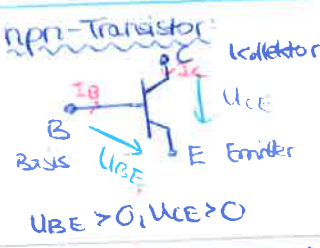
wird leitend, wenn Breite ↓

Zenerdiode arbeitet in Sperrrichtung zur Spannungstabilisierung
 → 8.3.2012 3.2.12



BIPOLARTRANSISTOR

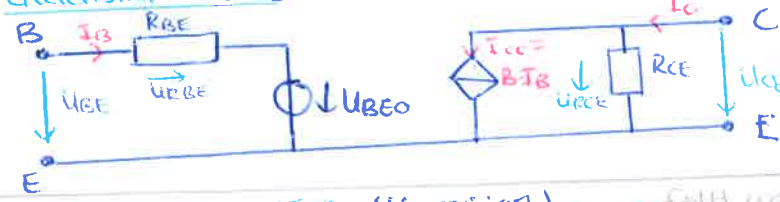
Anwendung: elektr. Schalter, Signalverstärker



- ist eine Reihenschaltung von 2 Dioden (Basis-Emitter-Diode in Durchbruchrichtung, Basis-Kollektor-Diode in Sperrrichtung)
- kleine $\Delta I_B \rightarrow$ große ΔI_C !
- Eingangskennlinie: $I_B, U_{BE} \rightarrow B-E$

stromgesteuerte Stromquelle

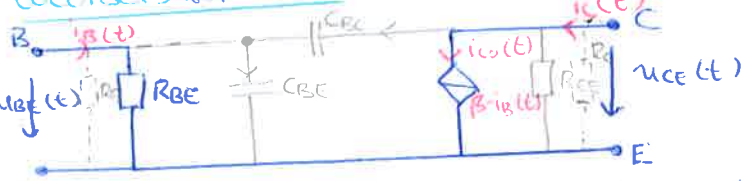
Gleichstrom-ESB (linearisiert) = Schalterbetrieb



$$I_B = \frac{U_{BE} - U_{BE0}}{R_{BE}} \quad (MR)$$

Stromverstärk: $I_{C0} = \beta \cdot I_{B0} = I_C - \frac{U_{CE}}{R_{CE}}$
 mit $R_{CE} \rightarrow \infty$ gilt: $I_{C0} = I_C = \beta \cdot I_{B0}$

Wechselstrom-ESB (linearisiert)

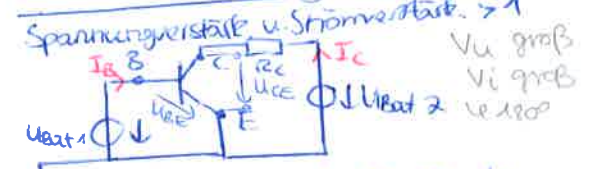


$$i_B(t) = \frac{U_{BE}(t)}{R_{BE}}, \quad i_C(t) = \beta \cdot i_B(t) = i_C(t) - \frac{U_{CE}(t)}{R_{CE}}$$

E: Gleichspannungsquelle U_{BE0} wird kurzgeschlossen!

Grundschaltungen

Emitter-Schaltung (WS-Verstärker)

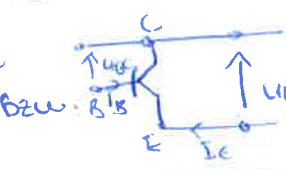
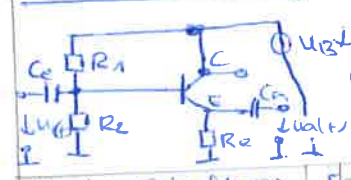


Spannungsverstärk u. Stromverstärk. > 1
 V_u groß, V_i groß, V_{out} groß

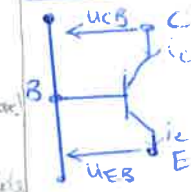
$$R_C = \frac{U_{Batt} - U_{CE,AP}}{I_{C,AP}}$$

meist: $U_{CE,AP} = \frac{1}{2} U_{Batt}$

(Impedanzwandler) Kollektor-Schaltung



Basis-Schaltung



	Emitter-Schaltung	Kollektor-Schaltung	Basis-Schaltung
V_u	> 1	< 1	> 1
V_i	> 1	groß	groß
V_o	klein	groß	groß
R_a	groß	klein	groß
ϕ	180°	0°	0°

BEI GRENZFREQUENZEN:

- oben: $\omega_0 = \frac{1}{R_C \cdot C_{BC}}$
- unten: $\omega_u = \frac{1}{R_e \cdot C_e}$
- mit $R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

GLEICHSTROM

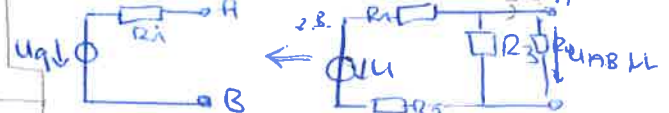
Knotengleichung: $(k-1)$
 Maschengleichung: $2 \cdot (k-1)$

Theorie

Heißleiter: Widerstand $\uparrow$ wenn $T \uparrow$
 pos. Ladung: erzeugt elektr. Feld / Richtung $\rightarrow$ Potential Energie $\uparrow$

- elektr. Arbeit
 $W = Q \cdot U$ [Ws] = [Nm] = [J]
 $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$
 $= 3600 \cdot 1000 \text{ Ws}$
 $= 3600 \cdot 1000 \text{ J}$
- elektr. Leistung
 $P = \frac{W}{t} = \frac{Q \cdot U}{t} = I \cdot U$
 $P = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$
- Spannungssteiler:
 (nur Reihenschaltung)
 $\frac{U_1}{U_{ges}} = \frac{R_1}{R_{ges}}$
- Stromsteiler:
 $\frac{I_1}{I_{ges}} = \frac{R_{ges}}{R_1}$
- $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ [A]
- spezif. Widerstand
 $\rho = \frac{E}{S} = \frac{U \cdot I}{L \cdot A}$ [mm]
 $\frac{L}{A}$ [mm²]
- Leitenwiderstand
 $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$
- spezif. Leitfähigkeit
 $\sigma = \frac{1}{\rho}$ [mm]
- elektr. Leitwert
 $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U}$ [$\frac{1}{\Omega}$]
- Ohmsches Gesetz
 $U = R \cdot I \rightarrow I \sim U$
 $I \sim \frac{1}{R}$

Methode Ersatzspannungsquelle



- U_q berechnen (Spannungssteiler)
 - in reine Reihenschaltung umwandeln
 $U_q \leq U_{AB,LL}$
 $U_{AB,LL} = U \cdot \frac{R_{ZL} \parallel R_L}{R_{ges}}$ ($I_{AB} = 0$)
 - R_i berechnen (2 Methoden)
 a) über I_{Ks} , AB kurtzuschließen $\rightarrow I_{Ks} = \frac{U}{R_{ges, Ks}}$
 $I_K = \frac{U}{R_i + R_L} \rightarrow R_i = \frac{U_q}{I_K}$
 - Spannungsquelle kurtzuschließen $\rightarrow R_{eq}$ bzgl. A-B
 $R_{eq} = R_i$
 hier: $R_{eq} = R_1 - R_2 \parallel R_3 \parallel R_4$
- $\rightarrow$ Leistungsgewinn / Leistungsoriginal

Methode des Überlagerungsatzes

- nur U_1 betrachten $\rightarrow U_2 = 0V$
 (Kurtzuschließen von U_2) $\rightarrow I_{11}, I_{21}, I_{31}$
 - nur U_2 betrachten $\rightarrow U_1 = 0V$
 $\rightarrow I_{12}, I_{22}, I_{32}$
 - Überlagerung: $I_1 = I_{11} + I_{12}$
 $I_2 = I_{21} + I_{22}$
 $I_3 = I_{31} + I_{32}$
- Wenn 1 Strom und 1 Spannungsquelle!!
 a) nur U_1 d.h. $I_2 = 0$ (Leerlauf)
 b) nur I_2 d.h. $U_1 = 0$ (Kurtschluss)

WICHTIG!
 nur bei
 linearen u.
 linearisierten
 Netzwerken

WECHSELSTROM Reihe=serie

$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u)$
 $i(t) = \hat{i} \cdot \sin(\omega t + \varphi_i) \Rightarrow$ Phasenverschiebung
 $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$

Ohmscher Widerstand R [Ω] $U = R \cdot I$
 $R = \frac{U}{I}$ $Z_R = R$ $\varphi = 0$

$\rightarrow$ Parallelschalten: $R_1 \parallel R_2 \rightarrow$ hintereinander: $R_1 - R_2$
 $R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$
 $R_{12} = R_1 + R_2$

Induktivität L

Speichern magnet. Energie
 $u_L(t) = L \cdot \frac{di(t)}{dt}$

$\leftrightarrow u_L = \omega L \cdot \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u)$
 $\varphi_u = \varphi_i + \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi = +\frac{\pi}{2}$

$X_L = \omega L$ [Blindwiderstand]

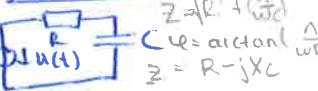
Kondensator C

Speich. elektr. Energie
 $i_C(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt}$

$u_C(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u)$
 $\varphi_u = \varphi_i - \frac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$

$X_C = \frac{1}{\omega C}$

RL-Reihe



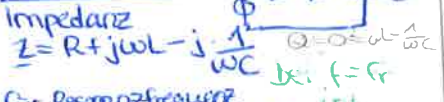
$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$
 $\varphi = \arctan(\frac{\omega L}{R})$
 $Z = R + jX_L$

RC-Parallel



$Z = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega R C)^2}}$
 $\varphi = -\arctan(\omega R C)$

RLC-Reihe



Impedanz $Z = R + j\omega L - j \frac{1}{\omega C}$
 für Resonanzfrequenz $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \rightarrow Z = R$
 Admittanz bei RLC-Parallel $Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + j\omega C - j \frac{1}{\omega L}$
 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Komplexer Scheinwiderstand

$Z = |Z| \cdot e^{j\varphi} = Z \cdot e^{j\varphi}$
 $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$
 $\varphi = \arctan(\frac{X}{R})$

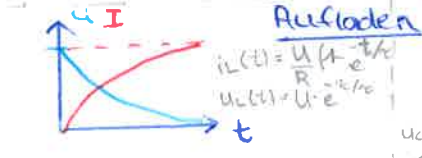
bei Zeigerdiagrammen:
 gemeinsame Größe auf Achse
 $\rightarrow$ Parallel: U (Winkelsteiler)
 $\rightarrow$ Reihe: I (Winkelsteiler)
 Winkel $(a+bi) \rightarrow \varphi = \arctan(\frac{b}{a})$
 $\varphi = \arctan(\frac{X}{R})$

$X_L = \omega L$ [Blindwiderstand] $X_C = \frac{1}{\omega C}$

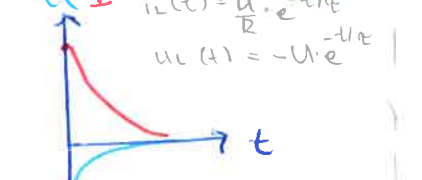
$\rightarrow$ komplex: $Z_L = j\omega L$
 $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j \frac{1}{\omega C}$
 $\rightarrow U_L = j \cdot X_L \cdot I$
 $\rightarrow U_C = -j \cdot X_C \cdot I$

energetragend: Strom
 was darf nicht springen

$u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$

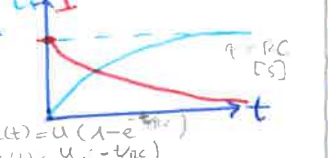


Entladen

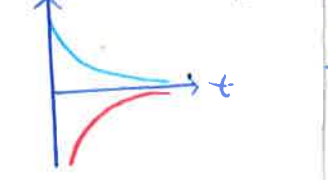


Spannung
 $i_C = C \cdot \frac{du}{dt}$

$u_C = C \cdot \frac{di}{dt}$



Entladen



Leistung

	R	L	C
Wirk	$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	$U \cdot I$	$U \cdot I$
Blind	$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	$U \cdot I$	$U \cdot I$
Schein	$S = U \cdot I$	$U \cdot I$	$U \cdot I$

komplexe Scheinleistung $S = U \cdot I^* = P + jQ$
 Leistungsfaktor $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

Blindleistung $Q_C = \frac{|U_C|^2}{X_C}$
 $P = 0 \rightarrow$ nicht durchsch.
 $P \neq 0 \rightarrow$ durchsch.
 $Q > 0$ induktiv $\rightarrow L$
 $Q < 0$ kapazitiv $\rightarrow C$

Halbleiter

- p-dotiert: 3. Hauptgruppe
- n-dotiert: 5. Hauptgruppe
- Eigenschaft: Fähigkeit eines reinen Kristalls durch Energie leitend zu wirken

Dielektrikum isoliert

Kondensator

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d}$$

ϵ Fläche der Elektroden
Abstand der Elektroden
Dielektrizitätszahl und = Permittivität

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Parallel



$$C_e = \sum C_k$$

Reihe

$$\frac{1}{C_e} = \sum \frac{1}{C_k}$$

INDUKTIVITÄT

$$\Psi = N \cdot \Phi = L \cdot I \quad [H = 1 \text{ Vs A}^{-1} = \text{Vs}]$$

$$L = \mu_0 \mu_r \cdot N^2 \frac{A}{l} \quad \hookrightarrow L = \frac{\Psi}{I}$$

Fläche Windungen

Parallel

$$\frac{1}{L_e} = \sum \frac{1}{L_k}$$

Reihe

$$L_e = \sum L_k$$

REAL VS. IDEAL



real
(bzw. ideal)



Magnetisches Feld

magn. Feldstärke H
 $|H| = \frac{I_{\text{Strom}}}{2\pi \cdot r}$ [H] = 1 A m⁻¹
Umgebung des Feldlines

magn. Flussdichte

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H} \quad [B] = 1 \text{ Vs m}^{-2} = 1 \text{ T (Tesla)}$$

Permeabilität
 $\mu = \mu_r \mu_0$

magn. Fluss

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \cdot \cos(\angle \vec{B}, \vec{A}) \quad [\text{Vs}]$$

→ senkrecht durch Fläche A
aufsteigende Flussdichtelinien

↗ Umwandlung mit Bezug zu

- Spannung induziert, wenn Leiter von magn. Wechselfeld durchsetzt

Lorentzkraft

- Kraft auf in MF e⁻
→ abh. von v(e⁻)
auf Leiter in MF
→ abh. von I
pos. Ladung entgegen
→ F_{pot} ↑

Aufgaben

Ein- und Ausschalten (Ü7, EE1)



Einschalten des Kondensators

- $u_C(t) = u_{R2}(t) = R_2 \cdot i_2(t)$
- $i_C(t) = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$

→ DGL: $U = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \cdot u_C(t) + R_1 \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$

• Lösung: $u_C(t) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U (1 - e^{-t/\tau})$

• $i_2(t) = \frac{u_C(t)}{R_2}$
 $i_1(t) = \frac{U}{R_1 + R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} e^{-t/\tau}\right)$

• $u_C(t \rightarrow \infty) = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$

Ausschalten

nur noch $R_2 \parallel C$ ist relevant

$u_C(t) = R_2 \cdot i_2(t)$

$i_C(t) = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$

DGL: $0 = u_C(t) + R_2 \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$

$u_C(t \rightarrow \infty) = 0V$

• Lösen: $u_C(t) =$

Einschalten R-L-Glied

DGL:

$\frac{U}{R_1 + R} = \frac{L}{R_1 + R} \cdot \frac{di(t)}{dt} + i(t)$

Lösung DGL: $h(x) = y \cdot g(x) + y'$

1. homogen: $f_h = c \cdot e^{-g(x)}$

2. partikulär: $f_p = k(x) \cdot e^{-g(x)}$

mit: $h'(x) = h(x) \cdot g'(x)$

$$\left\{ \begin{array}{l} f = f_h + f_p \\ \text{mit } u(x_0) \\ c = y_0 \cdot e^{-g(x_0)} - h(x_0) \end{array} \right.$$