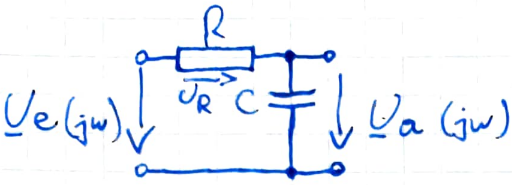
# Übertragungsfunktion

$$\boxed{\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_a(j\omega)}{\underline{U}_e(j\omega)}}$$

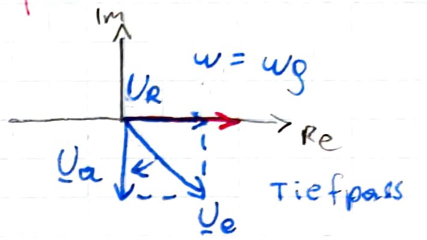
Übertragungsformel

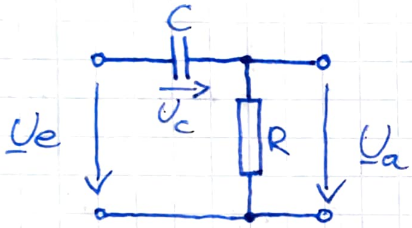



passiver Tiefpass
1. Ordnung

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

Tiefpass

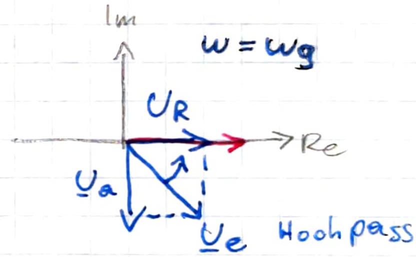



passiver Hochpass
1. Ordnung

Hochpass

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{1}{1 + \frac{1}{j\omega RC}}$$

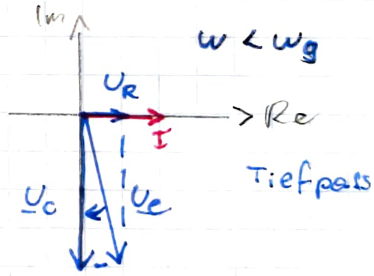


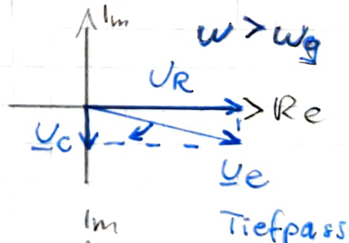

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{U e^{j\varphi_U}}{I e^{j\varphi_I}} = \frac{U}{I} e^{j(\varphi_U - \varphi_I)}$$

Phase bei:

Tiefpass: $0° - (-90°)$

Hochpass: $0° - 90°$



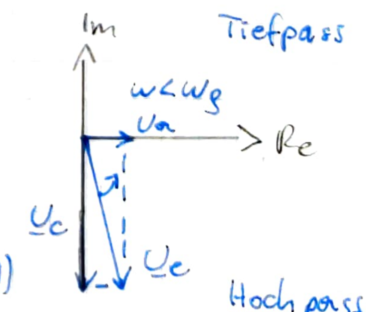

Tiefpass:

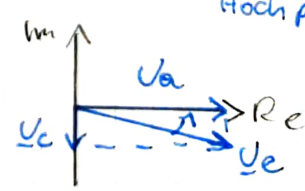
$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} = H e^{j\varphi}$$

$$= \frac{|1|}{|1 + j\omega RC|} \cdot e^{j(\varphi_z - \varphi_n)}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \cdot e^{j(0° - \operatorname{atan}(\omega RC))}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \cdot e^{-j \cdot \operatorname{atan}(\omega RC)}$$




$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \qquad \varphi = -\operatorname{atan}(\omega RC)$$

$$H(j\omega) = \frac{1 - j\omega RC}{(1+j\omega RC)(1-j\omega RC)} = \frac{1-j\omega RC}{1+(\omega RC)^2}$$

$$|H(j\omega)| = \cancel{\frac{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}{1+(\omega RC)^2}}$$

$$\varphi = \operatorname{atan} \frac{\frac{-j\omega RC}{1+(\omega RC)^2}}{\frac{1}{1+(\omega RC)^2}} = -\operatorname{atan}(\omega RC)$$

Hochpass:

$$H(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{\frac{1+j\omega RC}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1+j\omega RC} \cdot \frac{1-j\omega RC}{1-j\omega RC}$$

$$= \frac{j\omega RC\,(1-j\omega RC)}{1+(\omega RC)^2} = \frac{j\omega RC + (\omega RC)^2}{1+(\omega RC)^2}$$

$$= \frac{(\omega RC)^2}{1+(\omega RC)^2} + j\,\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2}$$

$$|H(j\omega)| = \sqrt{\left(\frac{(\omega RC)^2}{1+(\omega RC)^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\omega^2R^2C^2}{1+(\omega RC)^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{\omega^2R^2C^2}{1+\omega^2R^2C^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega RC}{1+\omega^2R^2C^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{\omega^4R^4C^4}{(1+\omega^2R^2C^2)^2} + \left(\frac{\omega RC}{1+\omega^2R^2C^2}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{\omega^4R^4C^4 + (1+\omega^2R^2C^2)^2\left(\frac{\omega RC}{1+\omega^2R^2C^2}\right)^2}{(1+\omega^2R^2C^2)^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{\omega^4R^4C^4 + (1+\omega^2R^2C^2)^2 \cdot \frac{\omega^2R^2C^2}{(1+\omega^2R^2C^2)^2}}{(1+\omega^2R^2C^2)^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{\omega^4 R^4 C^4 + \omega^2 R^2 C^2}{(1+\omega^2 C^2 R^2)^2}}$$

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

$$= \sqrt{\frac{\omega^2 R^2 C^2}{1+\omega^2 R^2 C^2}}$$

$$= \frac{\omega R C}{\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}}$$

$$\varphi = \operatorname{atan}\left(\frac{\frac{\omega RC}{1+(\omega RC)^2}}{\frac{(\omega RC)^2}{1+(\omega RC)^2}}\right) = \operatorname{atan}\left(\frac{\cancel{\omega RC}}{(\omega RC)^{\cancel{2}}}\right)$$

$$\varphi = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot e^{j(\varphi_z - \varphi_N)}$$

$$= \frac{R}{\left|R + \frac{1}{j\omega C}\right|} \cdot e^{j\left(0^\circ - \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\omega RC}\right)\right)}$$

einfacher lol:

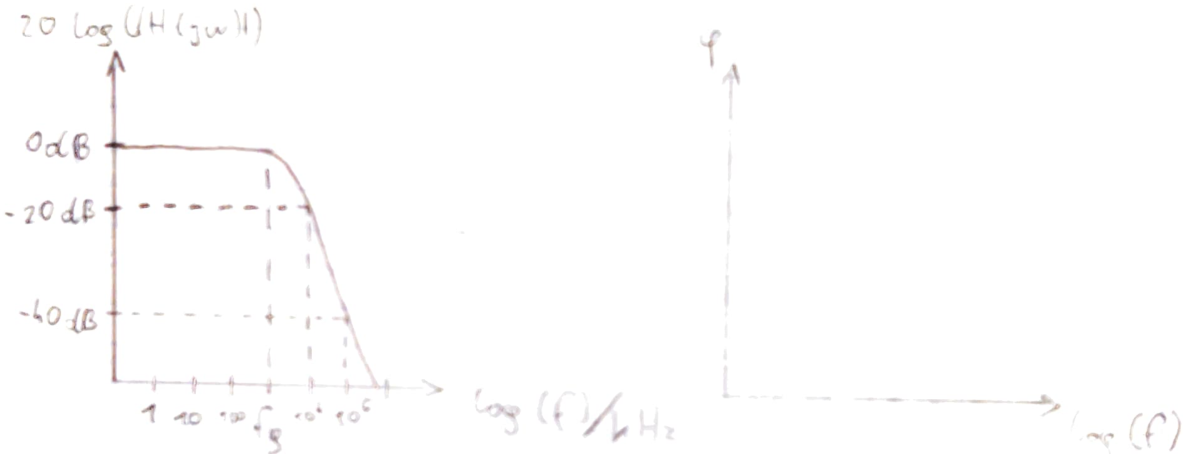
$$\underline{H}(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R\left(R - \frac{1}{j\omega C}\right)}{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$$

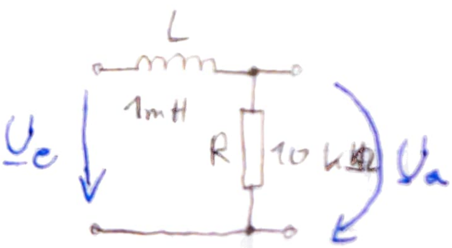
$$|\underline{H}(j\omega)| = \frac{|R|}{\left|R + \frac{1}{j\omega C}\right|} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}}$$

$$\varphi = -\operatorname{atan}\left(-\frac{1}{\omega RC}\right) = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

# Boole-Diagramm:

- Darstellung e. komplexwertigen Größe
- in zwei Diagrammen
- getrennt nach Betrag & Phase
- Betrag wird im doppeltlogarithmischen Maßstab dargestellt
- Phase einfach logarithmisch dargestellt (nur f)




ges.: Boole-Diagramm

$$H(j\omega) = \frac{U_a}{U_e} = \frac{R}{R + j\omega L}$$

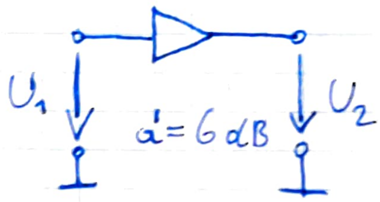
$$|H(j\omega)| = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$$\varphi = -\operatorname{atan} \frac{\omega L}{R}$$

$$R = \omega_g \cdot L = 2\pi \cdot f_g \cdot L$$

$$f_g = \frac{R}{2\pi L} = \frac{10\,k\Omega}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^{-3} H} = 1591549{,}431\ Hz$$

# Pegel




$$a' = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{\frac{U_2^2}{\cancel{R}}}{\frac{U_1^2}{\cancel{R}}}\right)$$

$$= 20 \cdot \log\left(\overbrace{\frac{U_2}{U_1}}^{a}\right)$$

$[a] = 1\,dB$ ... Pseudoeinheit

Bsp.: geg.: $U_1 = 10\,V$, $a' = 6\,dB$ ; ges.: $U_2$, $a$

$$a = 10^{\frac{a'}{20}}$$

$$a = 10^{\frac{6}{20}} = 2$$

$$U_2 = U_1 \cdot a = 10\,V \cdot 2 = 20\,V$$

Bsp.: Logarithmisch

$U_0$ ... Bezugsgröße

$U_0 = 1\,V$

$$U_1' = 20 \cdot \log\left(\frac{U_1}{U_0}\right)$$

$$U_1' = 20 \cdot \log\left(\frac{10\,V}{1\,V}\right)$$

$$U_1' = 20\,dB\underbrace{V}_{\text{Bezugsgröße}}$$

$$U_2' = U_1' + a' = 20\,dBV + 6\,dB = 26\,dBV$$

$$U_2 = 10^{\frac{U_2'}{20}} \cdot U_0 = 10^{\frac{26}{20}} \cdot 1\,V = 20\,V$$

Wird d. Bezugswert frei gewählt, spricht man von einem relativen Pegel. Wird dagegen ein genormter, fixer Wert verwendet, heißt er absoluter Pegel.

Pseudoeinheit: Neper Np bzw. dezi Bel dB

$$L_U' = \ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right) = \ln\left(\frac{\sqrt{P_2 \cdot R}}{\sqrt{P_1 \cdot R}}\right) = \ln\sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$$

$$= \frac{1}{2}\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$$L_U' = \ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right) = \frac{1}{2}\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \qquad [L_U'] = 1\ Np$$

$$L_P' = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{U_2}{U_1}\right) \qquad [L_P'] = 1\ dB$$

$$L_U' = \ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right) \qquad L_P' = 20 \cdot \log\left(e^{L_U'}\right)$$

$$\frac{U_2}{U_1} = e^{L_U'} \qquad L_P' = 20 \cdot L_U' \cdot \log(e)$$

$$\frac{L_P'}{L_U'} = 20 \cdot \log(e) = 8{,}68$$

↳ $1\ Np = 8{,}68\ dB$

↳ $10\ dB = 1{,}15\ Np$

Als Bezugsgrößen gelten:

$P_0 = 1\ mW$

$Z_0 = 600\ \Omega$

$U_0 = 0{,}775\ V$

$I_0 = 1{,}29\ mA$

Kennzeichen absoluter Pegel:

dBm ... abs. Lp 1 mW

dBW ... abs. Lp 1 W

dBV ... abs. Sp.p. 1 V

dBµV ... abs. Sp.p. 1 µV

dBu ... abs. Sp.p. 0,775 V

Bsp 1.1

$P_a = 650\,W, \quad P_e = 3{,}5\,W$

$L_p$ in dB u. Np

$L_p' = 10 \cdot \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{650W}{3{,}5W}\right)$

$= 22{,}69\,dB = 2{,}61\,Np$

1.2

$L_1' = 16\,dB$

$U_e = 1{,}5\,V$

$U_a = ?$

$L_2' = ?$ damit $U_a = 12\,V$

$16 = 20 \cdot \log\left(\frac{U_a}{1{,}5V}\right) \quad |:20$

$\frac{4}{5} = \log\left(\frac{U_a}{1{,}5V}\right) \quad |\cdot 10^x$

$10^{4/5} = \frac{U_a}{1{,}5V} \quad |\cdot 1{,}5V$

$10^{4/5} \cdot 1{,}5V = U_a$

$U_a = 9{,}46\,V$

$L_2' = 20 \cdot \log\left(\frac{12V}{1{,}5V}\right) = 18{,}06\,dB$

1.3

$U_a = 20\,V$

$L' = 30\,dB$

$U_e = ?$

$$L' = 20 \cdot \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right)$$

$$30\,dB = 20 \cdot \log\left(\frac{20\,V}{U_e}\right) \quad | :20$$

$$\frac{3}{2} = \log\left(\frac{20\,V}{U_e}\right) \quad | 10^x$$

$$10^{3/2} = \frac{20\,V}{U_e} \quad | \cdot U_e \quad | : 10^{3/2}$$

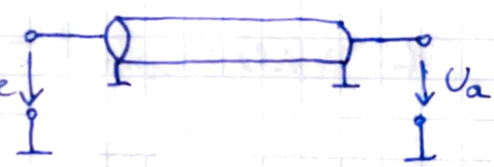
$$U_e = \frac{20\,V}{10^{3/2}} = 0{,}632\,V$$

1.4

$U_e = 10\,mV$

$U_a = 20\,\mu V$

ges.: $L_p'$




$$L_p' = 20 \cdot \log\left(\frac{20 \cdot 10^{-6}\,V}{10 \cdot 10^{-3}\,V}\right) = -53{,}98\,dB$$

| Faktor | | |
|---|---|---|
| P | U | dB |
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | $\sqrt{2}$ | 3 |
| 4 | 2 | 6 |
| 10 | $\sqrt{10}$ | 10 |
| $10^2$ | 10 | 20 |
| $10^3$ | $\sqrt{10^3}$ | 30 |
| $10^4$ | $10^2$ | 40 |

Polizist: „Leisten Sie keinen Widerstand!"

Der Verbrecher: 

1.5

283 $\mu V$ 75 $\Omega$

5 mV 75 $\Omega$

$$L_U' = 20 \cdot \log\left(\frac{5\,mV}{283\,\mu V}\right) = 24{,}94 \text{ dB}$$

oof $$L_P' = 20 \cdot \log\left(\frac{\frac{5^2\,mV^2}{75\,\Omega}}{\frac{283^2\,\mu V^2}{75\,\Omega}}\right) = 77{,}85 \text{ dB}$$

1.6

$$G_i = 37{,}8 \text{ dB} \mathrel{\hat=} 6166$$

$$37 \text{ dB} \mathrel{\hat=} 5000$$

$$37 \text{ dB} = 40 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$

$$= \frac{10^4}{2} = 5000$$

$$L_P = 10 \cdot \log$$

$$10^{37{,}8/10} = \frac{P_a}{P_e} = G$$

1.7 $L' = 140$ dB

$$140 = 20 \cdot \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right) \quad |:20 \quad |10^x$$

$$10^{14/2} = \frac{U_a}{U_e} = 10^7$$

Hihfeeeeee

1.8 $P_a = 1\,mW$

$P_e =$ a) $2\,W$ b) $20\,W$ c) $200\,W$

$$L_P' = 10 \cdot \log\left(\frac{P_a}{P_e}\right)$$

a) $L_{P_1}' = 10 \cdot \log\left(\frac{1\,mW}{2\,W}\right) = -33\,dB$

b) $L_{P_2}' = 10 \cdot \log\left(\frac{1\,mW}{20\,W}\right) = -43\,dB$

c) $L_{P_3}' = 10 \cdot \log\left(\frac{1\,mW}{200\,W}\right) = -53\,dB$

a) $-3\,dB - 30\,dB = -33\,dB$

b) $-3\,dB - 40\,dB = -43\,dB$

c) $-3\,dB - 50\,dB = -53\,dB$

Hūhfe
Hūfk

# Dämpfungsbelag

$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta$

$\underline{g} = \underline{\gamma} \cdot l = \alpha \cdot l + j\beta \cdot l$

$\boxed{a = \alpha \cdot l}$

1.9 $U_e = 65\,V$

$U_a = 45\,V$ ges.: $a$, $l$

$\alpha = 4{,}5\ mNp/km$

$a = L_U = 20 \cdot \log\left(\frac{U_a}{U_e}\right) = -3{,}19\ dB = \frac{-3{,}19}{8{,}69}\ Np$

$= -0{,}368\ Np$

$l = \frac{a}{\alpha} = \frac{-0{,}368\ \cancel{Np}}{4{,}5\ m\cancel{Np}/km} = 81{,}68\ km$

1.10

$a_1 = 8{,}5\ dB = 0{,}98\ Np$

$a_2 = 2{,}7\ Np = 23{,}436\ dB$

$a_{ges} = 8{,}5\ dB + 23{,}436\ dB = 31{,}936\ dB$

$a_{ges} = 0{,}98\ Np + 2{,}7\ Np = 3{,}68\ Np$

1.11

$R = 75\ \Omega$

$U = 5\ V$


ges: $L_P$ in dBm

$L_U$ in dBV

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$L_P = 10 \cdot \log\left(\frac{\frac{U^2}{R}}{1mW}\right) = 10 \cdot \log\left(\frac{\frac{\cancel{25}^{1}\ V}{3\ \cancel{75}\ \Omega}}{1 \cdot 10^{-3}\ W}\right) = 25{,}23\ dBm$$

$$L_U = 20 \cdot \log\left(\frac{5V}{1V}\right) = 14\ dBV$$

1.12

$R = 75\ \Omega$

$L = 80\ dB\mu V$

$U$ bei $50\ \Omega$ ?

$$\cancel{L = 10 \cdot \log\left(\frac{\frac{U_1^2}{R_1}}{\frac{U_2^2}{R_2}}\right)}$$

$$P_{75} = \frac{U_{75}^2}{75\Omega} = \frac{U_{50}^2}{50\Omega}$$

$$U_{50} = U_{75} \cdot \sqrt{\frac{50}{75}} = 10\ mV \cdot \sqrt{\frac{50}{75}} = 8{,}16\ mV$$

$$L_{50} = 20 \cdot \log\left(\frac{8.16mV}{1\mu V}\right) = 78{,}24\ dB\mu V$$

1.13

Ende e. Leitung wird durch Verstärker absoluter Spannungspegel von 10 dBu auf 20 dBu erhöht.

1 dBu ... 0,775 V

ges.: Betrag (Volt) d. Spannungsänderung

$0{,}775\,V \cdot \sqrt{10} = 2{,}45\,V$

$0{,}775\,V \cdot 10 = 7{,}75\,V$

$7{,}75\,V - 2{,}45\,V = 5{,}3\,V$

1.14

Widerstand mit $150\,\mu W$, $150\,\Omega / 600\,\Omega$

ges.: absoluter Leistungspegel in dBm

absoluter Spannungspegel in dBu

| | $150\,\Omega$ | $600\,\Omega$ |
|---|---|---|
| dBm | -8,24 dBm | |
| dBu | -14,26 | -8,24 |

$$L_{dBm} = 10 \cdot \log\left(\frac{150\,\mu W}{1\,mW}\right) = -8.24\ dBm$$

$$L_{dBu150} = 20 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{P \cdot R}}{0{,}775\,V}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{150 \cdot 10^{-6}\,W \cdot 150\,\Omega}}{0{,}775\,V}\right)$$

$$= -14{,}26\ dBu$$

$$L_{dBu\,600} = 20 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{150 \cdot 10^{-6}\,W \cdot 600\,\Omega}}{0{,}775\,V}\right) = -8{,}24\ dB$$

1.15

Verstärker mit $L_p = 32\,dBm$ bei $600\,\Omega$

ges.: $L_U$ in $dB_{\mu V}$

$$L_U = 20 \cdot \log\left(\frac{U}{1\mu V}\right)$$

$$32\,dBm = 10 \cdot \log\left(\frac{\frac{U^2}{600\,\Omega}}{1mW}\right)$$

$$10^{3,2} = \frac{U^2}{600\,\Omega \cdot 1mW}$$

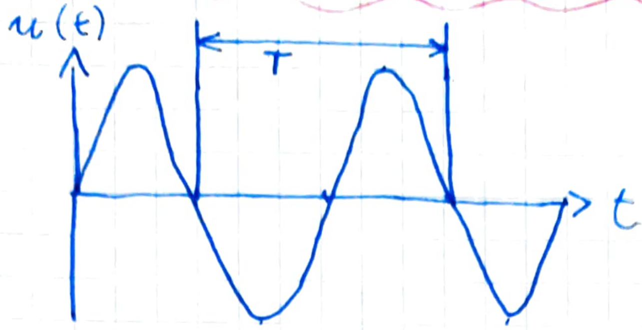
$$10^{3,2} \cdot 600\,\Omega \cdot 1mW = U^2$$

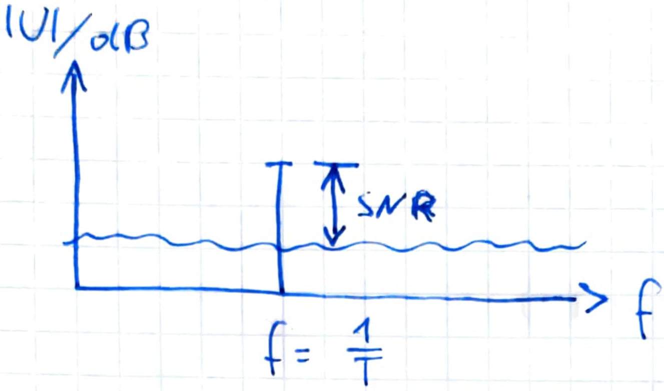
$$U = \sqrt{10^{3,2} \cdot 600\,\Omega \cdot 1mW}$$

$$U = 30,837\ V$$

$$L_U = 20 \cdot \log\left(\frac{30,837\,V}{1\mu V}\right) = 149.78\ dB_{\mu V}$$

# Rauschverhalten




## Boltzmannkonstante

$$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ Ws/K$$

T ... absolute Temp.

B ... Bandbreite [Hz]

$u_N$ ... Rauschspannung

$$u_N = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot B \cdot R}$$

$$SNR = \frac{S}{N}$$

S ... Signalleistung

N ... Rauschanteil

1.16

$R = 200\ \Omega$

$\vartheta = 20°C \quad T = -253{,}15°K$

$f_u = 20\ Hz$

$f_o = 20\ kHz$

Rauschpegel in dBu

$$u_n = \sqrt{4k \cdot T B R}$$

$$u_n = \sqrt{4 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot (-253{,}15) \cdot 20k \cdot 200}$$

$$u_n = 2{,}54 \cdot 10^{-7}\ V$$

$$L_u = 20 \cdot \log\left(\frac{2{,}54 \cdot 10^{-7}\ V}{0{,}775\ V}\right) = -129{,}7\ dBu$$

1.17

ges.: Verbesserung SNR wenn $B = 20\ kHz$ auf $10\ kHz$ verändert wird.

$S_1 = S_2 \quad N_1 \neq N_2 \quad N_1 \mathrel{\hat{=}} 4kTB_1$

$SNR'_2 - SNR'_1 \quad N_2 \mathrel{\hat{=}} 4kTB_2$

$$\frac{SNR_2}{SNR_1} = \frac{\cancel{S_2} \cdot N_1}{N_2 \cdot \cancel{S_1}} = \frac{\cancel{4kT}B_1}{\cancel{4kT}B_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{20\cancel{k}}{10\cancel{k}} = 2$$

$\mathrel{\hat{=}}$

3 dB

1.18

ges.: Rauschspg. $\vartheta = 20°C$ $T = 283{,}15°K$

Rauschleistung $B = 100\,MHz$

in dBm, dBµV $R_i = 1k\Omega$

$$u_N = \sqrt{4 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 100M \cdot 283{,}15 \cdot 1k}$$

$$u_N = 40\,\mu V$$

$$L_U = 20 \log\left(\frac{40\,\mu V}{1\,\mu V}\right) = 32\,dB\mu V$$

$$P_N = 4kTB = 4 \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 283 \cdot 100M$$

$$= 1{,}617 \cdot 10^{-12} = 1{,}6\,pW \mathrel{\hat{=}} 10 \log\left(\frac{1{,}6 \cdot 10^{-12}}{1 \cdot 10^{-3}}\right)$$

$$= -88\,dBm$$

1.19

Reduktion in dB, wenn $\vartheta$ von 20°C auf 10°C reduziert wird.

$$B_1 = B_2, \quad T_1 \neq T_2 \qquad T_1 = 293{,}15\,K \quad T_2 = 283{,}15\,K$$

$$\frac{SNR_2}{SNR_1} = \frac{S_2 \cdot N_1}{N_2 \cdot S_1} = \frac{4kT_1B}{4kT_2B} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{293{,}15}{283{,}15}$$

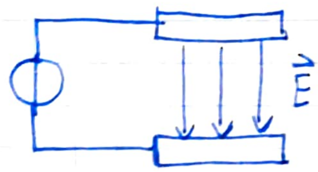
$$= 1{,}03531697$$

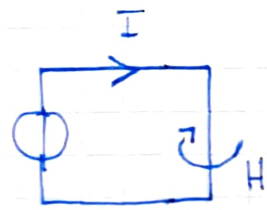
$$\Delta SNR = 10 \log\left(\frac{293{,}15}{283{,}15}\right) = 0{,}15\,dB$$

Twisted Peer

# E - & H - Feld

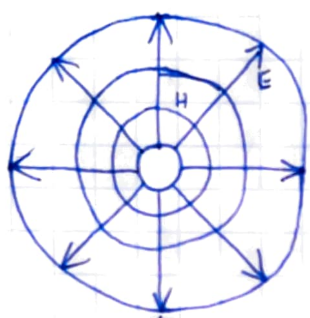
Twisted - Pair - Kabel



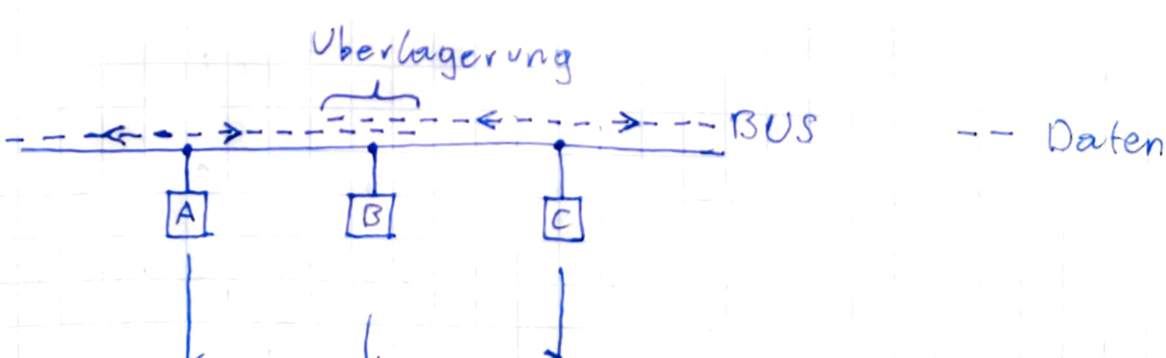

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

Koaxialkabel



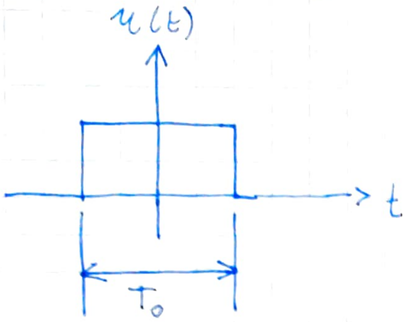

## CSMA / CD

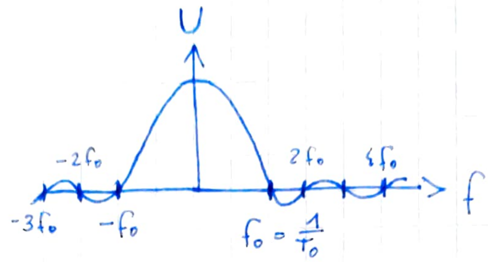
Carrier - Sense - Multiple - Access / Collision - Detection




$$t = \frac{s}{v} = \frac{2 \cdot l}{c} \cdot \sqrt{\varepsilon_r}$$

Rechtecksignal im f-Bereich




Sinusfkt. im Zeitbereich = Si-fkt. im Frequenzbereich

$$\frac{\sin(x)}{x} = si(x) \qquad |U| = |si(f)|$$

Dirac-Impuls: Impuls eines Gleichstromes aber über ein breites Bandbreiten-spektrum. D.h. über viele Frequenzen

---

IP-Adresse: 172.16.17.7, Subnet: 255.255.252.0

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DEC | 172 . | 16 . | 17 . | 7 |
| 1. BIN | 10101100 . | 00010000 . | 00010001 . | 00000111 |
| 2. | 11111111 . | 11111111 . | 11111100 . | 00000000 |
| DEC | 255 . | 255 . | 252 . | 0 |
| 1 & 2: | 172 . | 16 . | 16 . | 0 |

NET-ID: 172.16.16.0

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3. | 00000000 . | 00000000 . | 00000011 . | 11111111 |
| 1 & 3: | 0 . | 0 . | 1 . | 7 |

Host-ID: 172.16.17.7

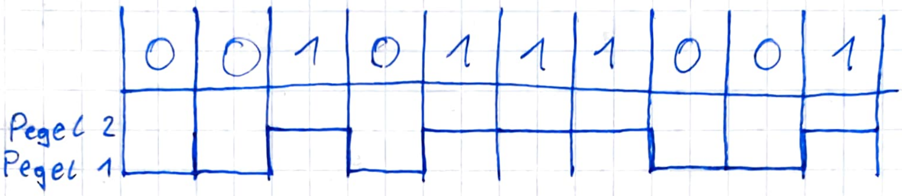
# OSI-Modell

## Bitübertragungsschicht - Layer 1

Leitungskodierung:

- Kodierung von Bits in Signale auf verschiedene Arten möglich

→ Non Return to Zero (NRZ, NRZ-L)



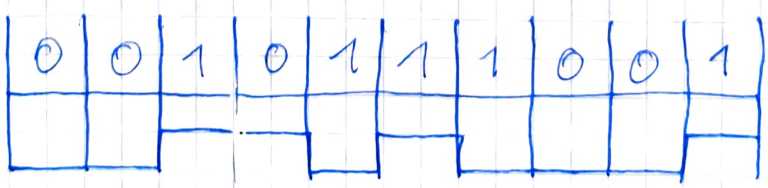

Taktwiederherstellung (Clock Recovery) und Verschiebung des ø-Wertes führt zu Problemen. Taktleitung notwendig.

Signale über ø = 1

Signale unter ø = 0

Bei Serienübertragung mehrerer gleicher Signale kann ø verschoben werden, das eine korrekte Datenerkennung erschweren kann.

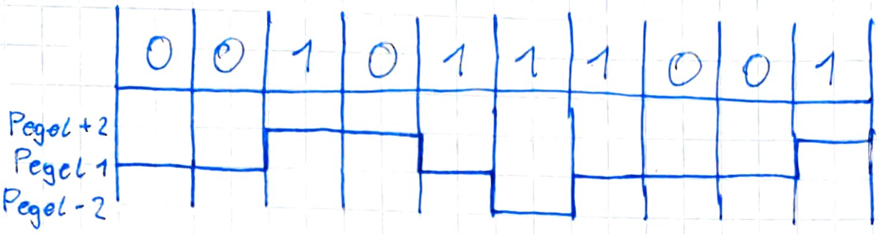
→ Non Return to Zero Invert (NRZI)




Zustandsänderung nur bei einem bestimmten Pegel (0 oder 1)

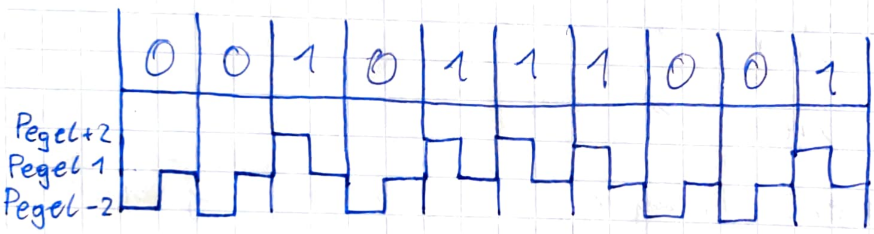
Keine Taktreihenrückgewinnung von 0, aber 1

→ Multilevel Transmission Encodierung 3 Level (MLT-3)



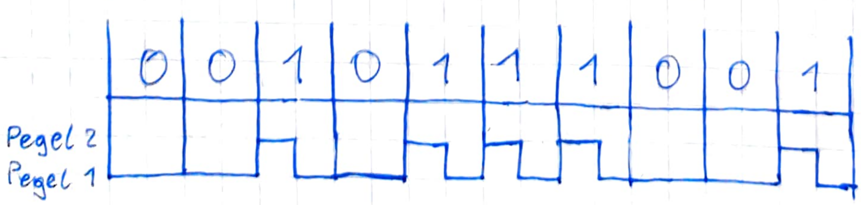

Verwendet 3 Pegel. Bei 0 keine Datenänderung, bei 1 jeweils +/- 0 kodiert.
Gleiches Problem wie bei NRZ mit Taktrückgewinnung und Gleichanteilen

→ Return to Zero (RZ)




Auch RZ verwendet 3 Pegel.
Nach jeder Datenübertragung wird der Pegel auf 0 zurückgesetzt. Taktrückgewinnung möglich. Doppelte Baudrate wird benötigt. Durchschnittsverschiebungen immernoch möglich.

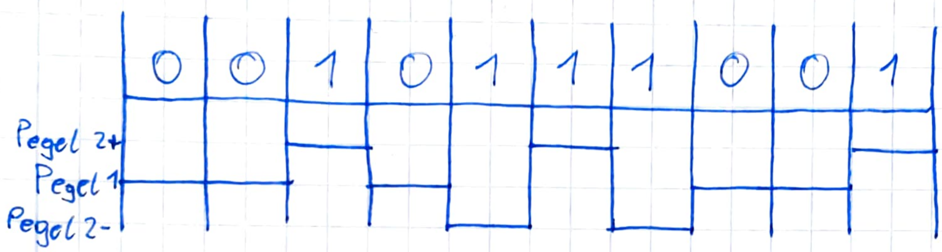
→ Unipolar Return to Zero




Keine Taktrückgewinnung bei Reihen von 0.
Die Belegung der Signalpegel ist nicht

gleich verteilt, somit sind ø-Verschiebungen möglich.
(Anwendung: IrDA, Infrared-Data-Association)

→ Alternate Mark Inversion (AMI)




Keine ø-Verschiebung mehr aber keine Taktrückgewinnung bei Reihen von 0.
Fehlererkennung teilweise möglich, da
+ − +, − − −, + −0− +, − −0− −, nicht auftreten darf (Zwei gleiche Taktflanken hintereinander).
(Anwendung: mod. ISDN S.-Bus)

Durch die nichtmögliche Taktrückgewinnung wird ein Scrambler (Mischer/Frequenzumwandler) verwendet. Diese stellen ein Datensignal nach einem einfachen Algorithmus umkehrbar dar.
In diesem Fall werden lange 0-Ketten unterbrechen, um so die Taktrückgewinnung für den Empfänger zu ermöglichen.

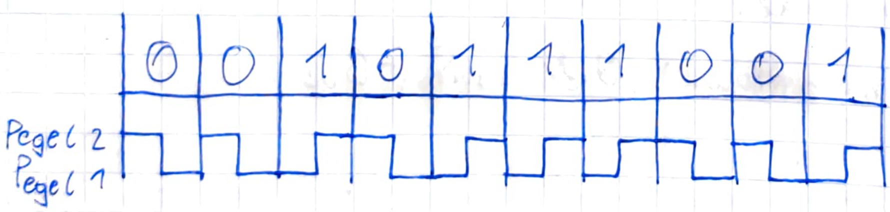
→ Bipolar w/ 8 Zeros Substitution (B8ZS)

B8ZS verhindert einen Synchronis. verlust durch lange 0-Ketten durch 2 Regeln von Folgen durch 8x 0-Bits

- +00000000 wird kodiert durch
  +000+-0-+
- -00000000
  -000-+0+-

Bei B8ZS sind keine Scrambler notwendig. ø-Verschiebungen wie beim AMI-Code ausgeschlossen.

→ Manchester




Folgen 2 gleiche Bits aufeinander, wird am Ende der Bitzelle auf den Anfangswert zurückgesprungen.
(Anwendung: 10 MBit/s - Ethernet
Taktrückgewinnung durch Flanken möglich.
Anteile an Pegeln gleich verteilt. → ø = 0
Nachteil: Ein Pegelwechsel benötigt 1,5 Bitzellen

Begriffserklärung:

- Taktrückgewinnung: Aus durch Flankenänderungen „berechneter" Takt. Nicht möglich, wenn gleiche Pegel hintereinander gesendet werden.
- Gleichanteil: Wenn der ø-Wert der unterschiedlichen Pegel ungleich 0 ist.
- Baudrate:

$$\frac{\cancel{0}}{\cancel{0}} = \frac{1}{1} = 1$$

$$\frac{\sin(\cancel{0})}{\cancel{0}} = \sin(1)$$

$$y = \overset{\sin}{\cancel{\cos}}(2x) \qquad s = 2x$$

$$y = \overset{\sin}{\cancel{\cos}}(s)$$

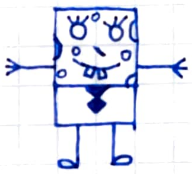
$$y' = \cos(s)$$

$$= \cos(2x)$$

Polizist: „Leisten Sie keinen Widerstand!"

Der Verbrecher: 


$$\frac{\cancel{s}in(x)}{\cancel{s}} = in(x)$$



$$\frac{\cancel{s}in(x)}{co\cancel{s}(x)} = \frac{in(x)}{co(x)}$$

$$\frac{\cancel{arc}\sin(x)}{\cancel{arc}\tan(x)} = \frac{\sin(x)}{\tan(x)}$$

$$\frac{arc\cancel{\sin}(x)}{\cancel{\sin}(x)} = arc(x)$$

$$fleck - fleck = 0$$

fleck +  = bombenfleck

RC-Glied „haha GLIED"

# Entscheidungsgehalt $H_0$ von LOSSLESS

$H_0 = \mathrm{ld}(4) = 2 = \log_2(4)$

## Entropie $H = -\sum x \cdot \mathrm{ld}(x)$

$$H = -\left(\frac{2}{8} \cdot \mathrm{ld}\left(\frac{2}{8}\right) + \left(\frac{1}{8} \cdot \mathrm{ld}\left(\frac{1}{8}\right)\right) \cdot 2 + \frac{4}{8}\,\mathrm{ld}\left(\frac{4}{8}\right)\right)$$

$$= 1{,}75$$

## Redundanz R

$R = H_0 - H$

↑ Kehrwert von allen Zeichen

Bsp.:

$p(A) = 0{,}12$
$p(B) = 0{,}3$
$p(C) = 0{,}21$
$p(D) = 0{,}24$
$p(E) = 0{,}08$
$p(F) = ? = 1 - \mathrm{Sum}(p(A\text{-}E)) = 0{,}05$

$$H = -\big(0{,}12 \cdot \mathrm{ld}(0{,}12) + 0{,}3 \cdot \mathrm{ld}(0{,}3) + 0{,}21 \cdot \mathrm{ld}(0{,}21) + 0{,}24 \cdot \mathrm{ld}(0{,}24) + 0{,}08 \cdot \mathrm{ld}(0{,}08) + 0{,}05 \cdot \mathrm{ld}(0{,}05)\big)$$

$= 2{,}3627$ bit/Symbol

$H_0 = \mathrm{ld}(6) = 2{,}585$ bit/Symbol

$R = 2{,}585 - 2{,}3627 = 0{,}222$ bit/Symbol

## Lauflängenkodierung

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 0,3 | 0 | 0 | | | 00 |
| D | 0,24 | 0 | 1 | | | 01 |
| C | 0,21 | 1 | 0 | | | 10 |
| A | 0,12 | 1 | 1 | 0 | | 110 |
| E | 0,08 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1110 |
| F | 0,05 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1111 |

## 2-Basis-Kanalcodierungen

- FEC (Forward-Error-Correction)

  Vorteil: - Konstanter Datendurchsatz, unabhängig vom aktuellen Übertragungskanalzustand
  - Kein Rückkanal notwendig

  Nachteil: - Hohe Redundanz auch bei guten Übertragungsbedingungen
  - Kein Rückkanal bei Restfehlern
  - Der Kanal beeinflusst direkt die Datenübertragung

$$H_0 = ld(5) = 2{,}322 \frac{Bit}{Symbol}$$

$$H = -(0{,}4 \cdot ld(0{,}4) + 0{,}19 \cdot ld(0{,}19) + 0{,}16 \cdot ld(0{,}16) + 0{,}15 \cdot ld(0{,}15) + 0{,}1 \cdot ld(0{,}1))$$

$$H = 2{,}1498 \frac{Bit}{Symbol}$$

$$R = H_0 - H = 2{,}322 - 2{,}1498 = 0{,}1722 \frac{Bit}{Symbol}$$

$$k_h = 0{,}4 \cdot 1 + 0{,}19 \cdot 3 + 0{,}16 \cdot 3 + 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}1 \cdot 3 = 2{,}2$$

$$n_h = \frac{H}{k} = \frac{2{,}1498}{2{,}2} = 0{,}977$$

Shannon:

$$k_s = 0{,}4 \cdot 2 + 0{,}19 \cdot 2 + 0{,}16 \cdot 2 + 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}1 \cdot 3 = 2{,}25$$

$$n_s = 0{,}956$$

Huffmann:

• ARQ (Automatic-Repeat-Request)

Vorteil: - Geringe Redundanz durch nur fehler-erkennenden Code bei viel Redundanz nur notwendig wenn viele Wiederholungen sind.

Nachteil: - Stark reduzierter Datendurchsatz bei schlechter Übertragungsbedingung

Hybridkodierung

| Eingang | | Ausgang | |
|---|---|---|---|
| x1 | 10 | y1 | 1000 |
| x2 | 01 | y2 | 0001 |
| x3 | 11 | y3 | 0010 |
| x4 | 00 | y4 | 0011 |

Vektorlänge in Bit

Eingangsvektor der Länge $k = 2$ Bit

Ausgangsvektor der Länge $n = 4$ Bit

$n > k$

Coderate $R_c = \frac{k}{n}$

unkodierter Fall $k = n$

Coderate Maß für die Erhöhung der erforderlichen Bandbreite

Veranschaulichung der Kanalcodierung anhand des Codewürfels

1. Fall ($n=3$, $k=3$)

$R_c = \frac{3}{3} = 1$

kleinste Distanz zum nächstmöglichen gültigen Codewort $d_{min} = 1$

$$000 \rightarrow \begin{matrix} 001 \\ 010 \\ 100 \end{matrix}$$

-> keine Redundanz, keine Fehlererkennung /-korrektur möglich

2. Fall ($n=3$, $k=2$)

$R_c = \frac{2}{3}$

gültige Codewörter: 000, 101, 110, 011
ungültige Codewörter: 100, 001, 010, 111

$d_{min} = 2$

Bei Einzelfehlern (1 Bit falsch) wird nun ein ungültiges Wort empfangen, daher ist 1 Fehler erkennbar, dieser ist aber nicht korrigierbar weil eine mögliche Zuordnung zu einer benachbarten Ecke rein zufällig erfolgen würde.

-> 1 Fehler erkennbar, keine Fehlerkorr.

3. Fall $(n=3, k=1)$

$$R_c = \frac{k}{n} = \frac{1}{3}$$

gültige Codewörter: 000, 111

ungültige Codewörter: 100, 001, 010, 101, 110, 011

$$d_{min} = 3$$

Es ist nun möglich 2 Bit Fehler zu erkennen und 1 Bit Fehler zu korrigieren.

Der Abstand also die minimale Distanz $d_{min} = \min d(c_i, c_j)$ von einem gültigen Codewort $c_i$ zu einem anderen Codewort $c_j$ nennt man auch minimale Hamming Distanz

# Hammingcode - Korrektur

| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| p | p | m | p | m | m | m | p | m | m | m | | |
| 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | 1 | = 5 | ✗ |
| | | 1 | | | | | | | | 1 | = 2 | ✓ |
| | | | | 1 | | | | | | | = 1 | ✗ |
| | | | | | | | | 1 | | 1 | = 2 | ✓ |

Falsch: Bit 6

CIDR-Bsp.: 170.128.44.248/25

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IP: | 170 | 128 | 44 | 248 |
| Subnet: | 25 | | | |
| Subnetzmask: | 255 | 255 | 255 | 128 |
| Subnetm.-Bin: | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 10000000 |
| IP-Bin: | 10101010 | 10000000 | 00101100 | 11111000 |
| Net-ID-Bin: | 10101010 | 10000000 | 00101100 | 10000000 |
| Net-ID: | 170 | 128 | 44 | 128 |
| Broadcast: | 170 | 128 | 44 | 255 |
| erste IP: | 170 | 128 | 44 | 129 |
| letzte IP: | 170 | 128 | 44 | 254 |

mögliche Geräte: $2^{(32-25)} - 2 = 2^7 - 2 = 128 - 2 = 126$

208.180.188.61/22

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IP: | 208 | 180 | 188 | 61 |
| Subnet: | 22 | | | |
| Subnetmask: | 255 | 255 | 252 | 0 |
| Subnetmask-Bin: | 11111111 | 11111111 | 11111100 | 00000000 |
| IP-Bin: | 11010000 | 10110100 | 10111100 | 00111101 |
| Net-ID-Bin: | 11010000 | 10110100 | 10111100 | 00000000 |
| Net-ID: | 208 | 180 | 188 | 0 |
| Broadcast: | 208 | 180 | 191 | 255 |
| erste IP: | 208 | 180 | 188 | 1 |
| letzte IP: | 208 | 180 | 191 | 254 |

mögliche Geräte: 1022

ICANN - Bsp.: 192.14.109.0/24

| Niederlassung | Hosts |
|---|---|
| Osnabrück | 62 |
| Trier | 62 |
| Wiesbaden | 12 |

Osnabrück 192.14.109.0/26

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IP - Bin: | 11000000 | 00001110 | 01101101 | 00000000 |
| Net-ID-Bin: | 11111111 | 11111111 | 11111111 | 11000000 |
| Net-ID: | 255 | 255 | 255 | 192 |
| Subnetmask-B: | 11000000 | 00001110 | 01101101 | 00000000 |
| Subnetmask: | 192 | 14 | 109 | 0 |
| Broadcast: | 192 | 14 | 109 | 63 |
| erste IP: | 192 | 14 | 109 | 1 |
| letzte IP: | 192 | 14 | 109 | 62 |

Trier 192.14.109.64/26

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IP-Bin: | 11000000 | 00001110 | 01101101 | 01000000 |
| Broadcast: | 192 | 14 | 109 | 127 |
| erste IP: | 192 | 14 | 109 | 65 |
| letzte IP: | 192 | 14 | 109 | 126 |

Wiesbaden 192.14.109.128/28

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| IP-Bin: | 11000000 | 00001110 | 01101101 | 10000000 |
| Net-ID: | 192 | 14 | 109 | 128 |
| Broadcast: | 192 | 14 | 109 | 143 |
| erste IP: | 192 | 14 | 109 | 129 |
| letzte IP: | 192 | 14 | 109 | 142 |

ICANN-Bsp.: 192.26.22.0/24

| Niederlassung | Hosts |
|---|---|
| Paderborn | 61 |
| Erlangen | 57 |
| Münster | 29 |
| Mainz | 13 |
| Berlin | 9 |

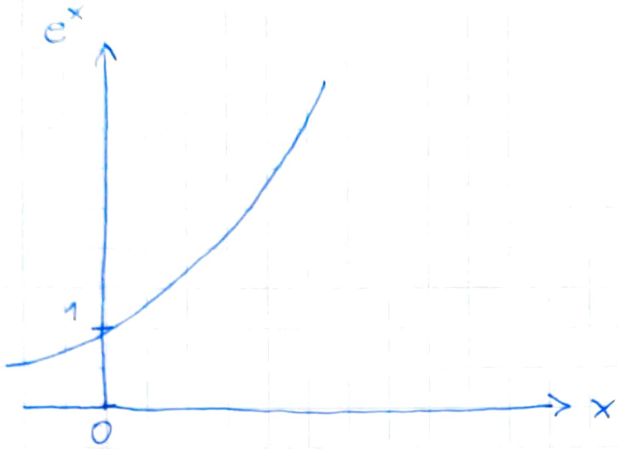
Paderborn 192.26.22.0/

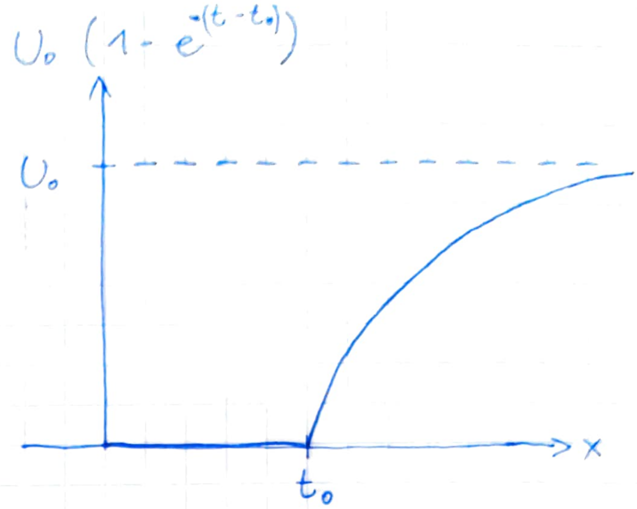
IP-Bin: 11000000 00011010 00010110 00000000

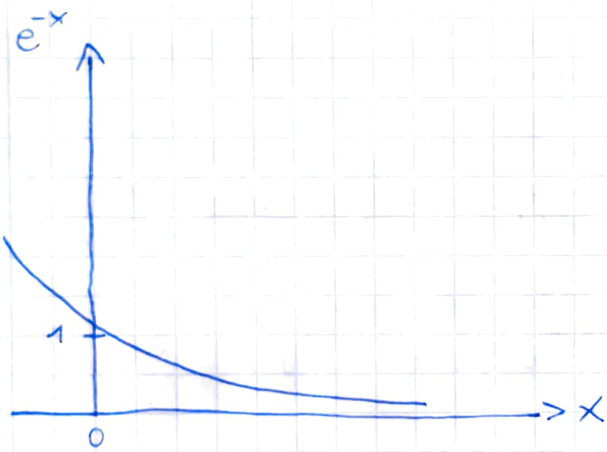
Net-ID-Bin: 11111111 11111111

# Schaltvorgänge

e - Funktion



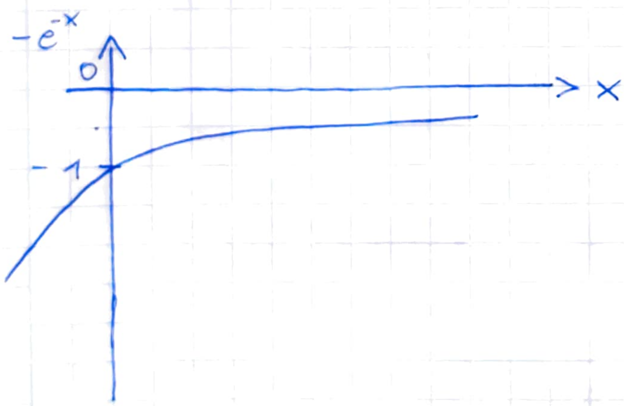



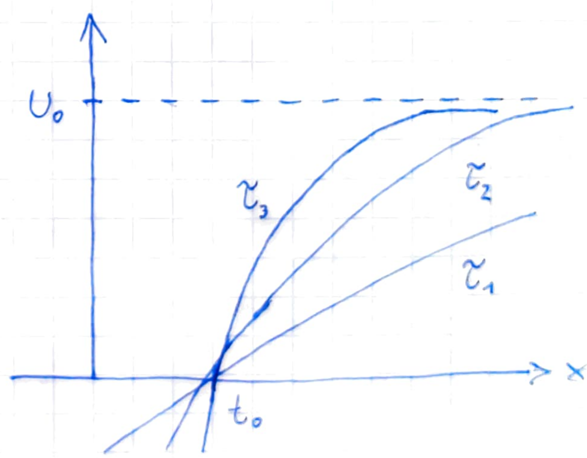

für $t > t_0$

$$u(t) = U_0\,(1 - e^{-(t-t_0)})$$

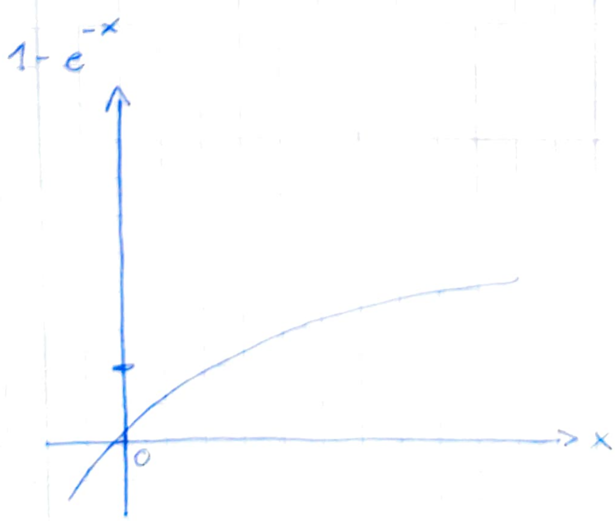
für $t \leq t_0$

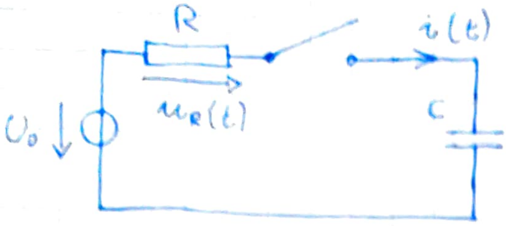
$$u(t) = 0$$




$$\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$$






geg.: $U, R, C$

$$u_c(t) = U_0\left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}\right)$$

$$\tau = R \cdot C$$

$$u_R(t) = U_0 - u_c(t)$$

$$u_R(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

$$i(t) = \frac{u_R(t)}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

$$[Q] = [C] \cdot [U]$$

$$1\,As = 1\,F \cdot 1\,V$$

$$1\,F = \frac{1\,As}{1\,V}$$

$$[\tau] = [R] \cdot [C]$$

$$[\tau] = \frac{1V}{1A} \cdot \frac{1\,As}{1\,V}$$

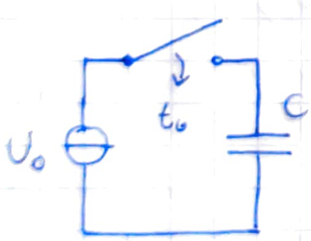
$$[\tau] = 1\,s$$

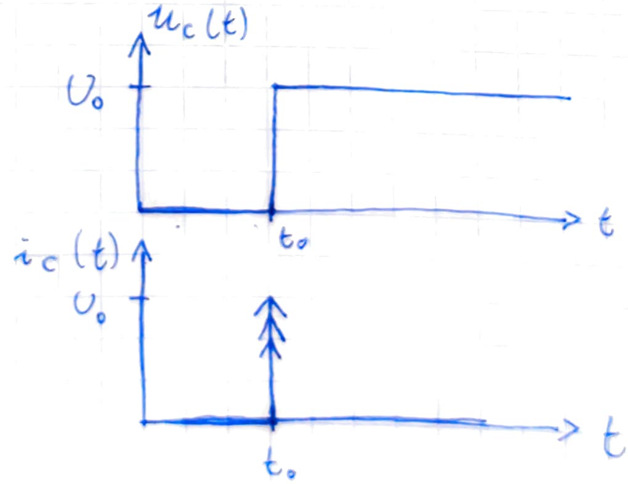
$$[\tau] = \frac{[L]}{[R]} = \frac{1\,Vs}{1\,A} \cdot \frac{1\,A}{1\,V}$$

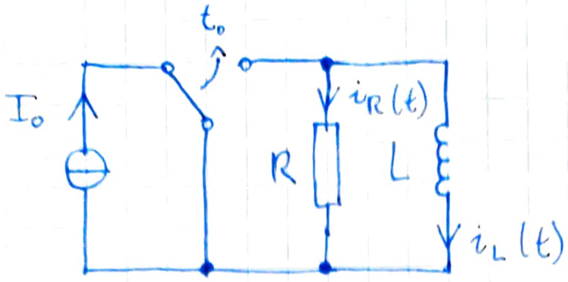
$$[\Phi] = [L] \cdot [I]$$

$$1\,Vs = 1\,H \cdot 1\,A$$

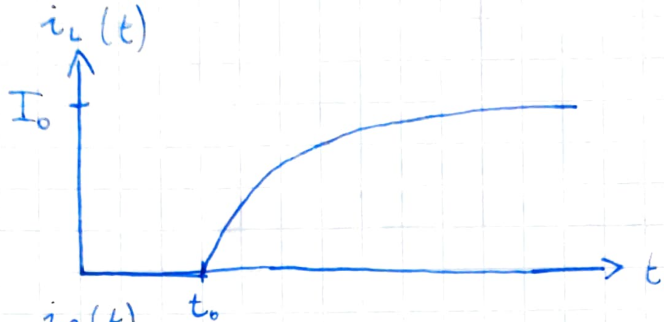
$$1\,H = \frac{1\,Vs}{1\,A}$$

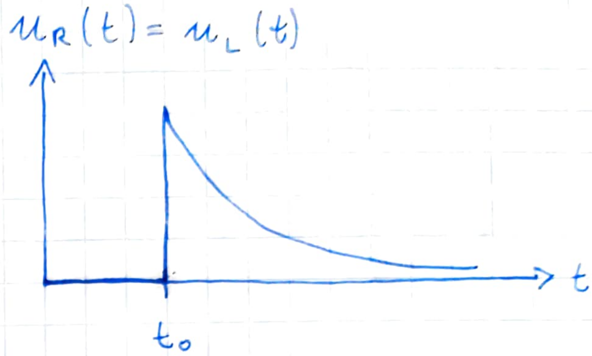


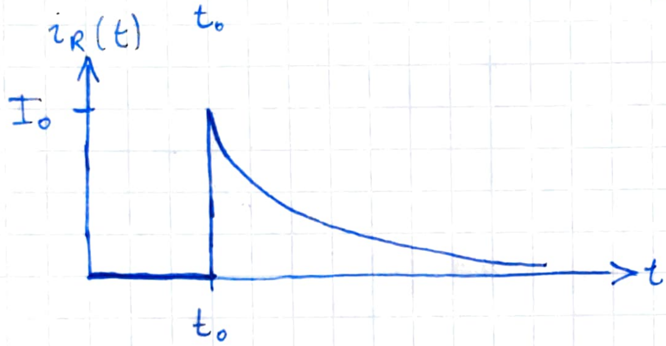






geg.: $I_0$, $R$, $L$



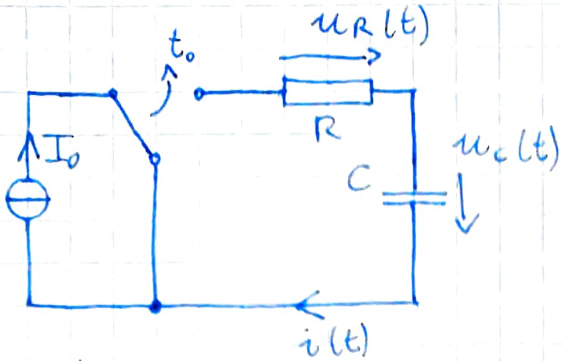




für $t > t_0$

$$i_L(t) = I_0 \left(1 - e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}\right)$$

$$i_R(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

$$u_L(t) = u_R(t) = R \cdot i_R(t) = R \cdot I_0 \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$




geg.: $I_0$, $R$, $C$