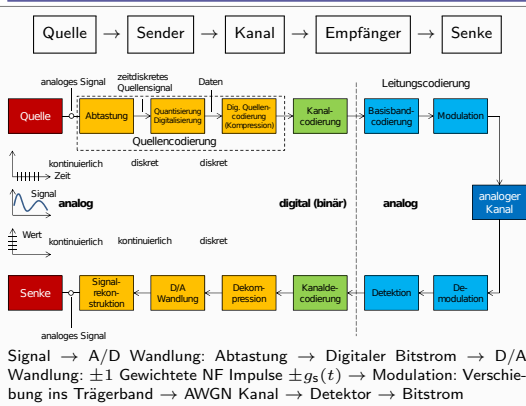


Anmerkung: Layout und weiteres für eine freiere Wissensgesellschaft erlaubt. ©

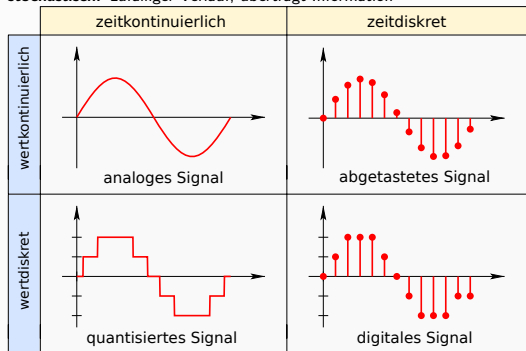
Allgemeines



1. Signale

1.1. Arten von Signalen

deterministisch: durch Funktionen beschreibbar, enthalten kein Nachricht.
stochastisch: zufälliger Verlauf, überträgt Information



Vorteile digitales Signal: Kompression, Verschlüsselung, Fehlerkorrektur

2. Abtastung von Signalen

Bezeichnung	Symbol	Einheit
Signalstufen	V	$[V] = 1$
Bandbreite	B	$[B] = 1 Hz$
Datenrate / Bitrate	R_b	$[R_b] = 1 bps$
Sendepegel (Signal)	P_S	$[P_S] = 1 W$ oder $[P_{S,dBm}] = 1 dBm$
Rauschpegel (Noise)	P_N	$[P_N] = 1 W$ oder $[P_{N,dBm}] = 1 dBm$
Interferenzpegel	P_I	$[P_I] = 1 W$ oder $[P_{I,dBm}] = 1 dBm$
Signal-Rausch-Verhältnis	$SNR = \frac{P_S}{P_N}$	$[SNR] = 1$ oder $[SNR_{dB}] = 1 dB$
Signal-Interferenz-Rausch-Verhältnis	$SINR = \frac{P_S}{P_I + P_N}$	$[SINR] = 1$ oder $[SINR_{dB}] = 1 dB$

(Signal-To-Noise-Ratio), Signal zu Rauschabstand SNR_{dB}
 $SNR_{dB} = 10 \log_{10}(SNR) dB = P_{S,dBm} - P_{N,dBm}$

(Signal-To-Interference-And-Noise-Ratio) $SINR_{dB}$

$$SINR = \frac{P_S}{P_I + P_N}$$

$$SINR_{dB} = 10 \log_{10}(SINR) dB$$

$$SINR_{dB} = P_{S,dBm} - P_{I,dBm} - P_{N,dBm}$$

2.1. Nyquist-Abtasttheorem

$$R_{b,max} = 2B \cdot \log_2(V) \frac{bit}{s}$$

Faktor 2 nur bei Stereo-Übertragung, bei Mono Faktor 1.

2.2. Shannon-Abtasttheorem

$$R_{b,max} = B \cdot \log_2(1 + SNR) \frac{bit}{s} \text{ mit } [SNR] = 1$$

Nyquist und Shannon geben beide die theoretisch max. Bitrate an. Der niedrigere Wert gibt das tatsächliche Max. an.

3. Dämpfung/Verstärkung, dB-Rechnung

3.1. Leistungspegel

$$\text{Leistung: } P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

$$\text{Leistungspegel: } L_{P,dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} dB = 20 \log \frac{U_2}{U_1} dB = 20 \log \frac{I_2}{I_1} dB$$

$$L_{P,dBm} = 10 \log \frac{P}{1 mW} dBm = 30 dB \mu W = 60 dB nW$$

$$\text{Verstärkung [dB]} = L_{P,dB}; \text{ Dämpfung [dB]} = -L_{P,dB}$$

Logarithmische Rechenregeln: s. Anhang Mathematik

3.2. Umrechnung dB

Verhältnis $\frac{P_2}{P_1}$	Verstärkung [dB]	Dämpfung [dB]
1000^{-1}	-30	+30
20^{-1}	-13	+13
10^{-1}	-10	+10
4^{-1}	-6	+6
2^{-1}	-3	+3
1	0	0
2	+3	-3
4	+6	-6
10	+10	-10
20	+13	-13
1000	+30	-30

3.3. Rechenregeln dB bzw. dBi und dBm

$dB \mp dB(i)$	=	dB
$dBm \mp dB(i)$	=	dBm
$dBm - dBm$	=	dB
$dBm + dBm$	=	undefiniert

4. Baud-, Bit-/Übertragungsrate, Durchsatz

4.1. Definitionen

Bezeichnung	Symbol	Einheit
Datenmenge in bit	$D_b = 8 D_B$	$[D_b] = 1 bit$
Datenmenge in Byte	D_B	$[D_B] = 1 Byte = 8 bit$
Signalstufen	V	$[V] = 1$
Baudrate / Schrittgeschwindigkeit	R_{baud}	$[R_{baud}] = 1 Hz$
Bitrate/Brutto-Übertragungsrate	$R_b = R_{baud} \cdot \log_2(V) bit$	$[R_b] = 1 bps = 1 \frac{bit}{s}$
Durchsatz/Netto-Übertragungsrate, effektiv	$R_{eff} = \frac{D_b}{t_{ges}}$	$[R_{eff}] = 1 bps$

Signalstufen V ; Anzahl der möglichen annehmbaren Werte eines disk. Signals pro Schritt
 Zeit t_{ges} ab Sendestart einer Datenmenge D_b bis zum vollständigen Empfang, abhängig von verwendeten Protokollen

5. Leitungstheorie

Leitungstheorie relevant für $l \geq 0, 1 \lambda$

5.1. Definitionen

Leitungslänge l mit $[l] = m$
 Belagsgrößen: R', L', G', C' als Widerstands-, Induktivitäts-, Ableitungs-, Kapazitätsbelag
 Bsp: $R = R' \cdot l$ mit $[R'] = \frac{\Omega}{m}$
 Wellenimpedanz $Z_L = \sqrt{\frac{(R' \cdot j\omega L')}{(G' \cdot j\omega C')}}$
 Wellenlänge λ mit $[\lambda] = m$
 Ausbreitungsgeschwindigkeit $v = \lambda \cdot f$ mit $[v] = m/s$
 Ausbreitungskonstante $\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R' \cdot j\omega L')(G' \cdot j\omega C')}$
 mit $[\gamma] = \frac{1}{m}$

5.2. Leitungsmodell

5.3. Formeln

6. Wellen und Antennen

Indizes: E(empfänger), i(isotroper Kugelstrahler), r(adius), S(ender)

6.1. Poynting-Vektor

Poynting-Vektor \vec{S} ist Vektor der Leistungsflussdichte mit $[S] = 1 \frac{W}{m^2}$
 $\vec{S}(x, y, z, t) = \vec{E}(x, y, z, t) \times \vec{H}(x, y, z, t)$
 Für harmonische Zeitvorgänge und EM-Wellen ($\vec{E} \perp \vec{H} = \frac{\pi}{2}$) gilt:
 $\underline{S} = S = \frac{1}{2} \underline{E} \cdot \underline{H}^* = \frac{1}{2} \underline{H}^2 Z_F = \frac{1}{2} \frac{Z_F}{E^2}$ mit $E, H \in \mathbb{C}$

Wellenwiderstand im Vakuum $Z_F = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 376, 73 \Omega$

$$S_i = |\vec{S}| = \frac{P_S}{4\pi r^2}$$

$$\text{Richtfaktor } D_i = \frac{S_{r,max}}{S_i} = 4\pi r^2 \frac{S_{r,max}}{P_S}$$

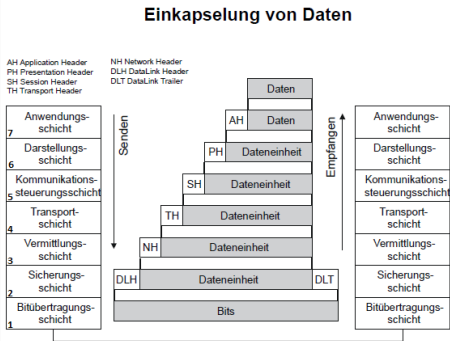
i.d.R. angegeben als $D_{i,log} = 10 \log D_i dB$

Antennengewinn $G = \eta D_i$ i.d.R. angegeben in dB

Antennenwirkfläche $A_W = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$ mit der Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{f}$
 Bsp. Empfangs- und Sendeanenne im Abstand r zueinander:
 $P_E = P_S \cdot G_S \cdot G_E \left(\frac{\lambda}{4\pi r}\right)^2$

7. OSI-Modell (Open-System-Interface)

Ein- und Entkapselung der Daten in den 7 OSI-Schichten



Beispiel-Protokolle der verschiedenen Schichten in Anhang2.

Beispiel-Trace und Header-Verkapselung:

1 byte

00 15 60 c4 22 40 5a 04 20 8c ad 2b 08 00 45 00

14 Bytes Ethernet Header

00 28 3e 8a 40 00 80 06 0b d2 c0 a8 02 65 c7 3b

20 Bytes IPv4 Header

06 2a c4 73 00 30 a5 a4 21 0c 2b b8 3b 1f 30 11 3f 85 67 0f 00 00

20 Bytes TCP Header

Source Port

0xC473 = 0d50291

Destination Port

0x0050 = 0d80

7.1. Nutzung des Cheatsheet

Allg.: Jede Spalte bei den Headerabbildungen entspricht 1 Bit. Pro Zeile also 32 Bit bzw. 4 Byte = 4 zweistellige Hexzahlen

- 1. Bei Nutzung einer **Netzwerkkarte** wird **immer Ethernet** verwendet. Mit diesem Header für die Sicherungsschicht beginnt die Datenübertragung (s. beide Grafiken oben)
- 2. Die **letzten zwei Bytes Ethernet Header** geben den **Ethertype** bzw. **das Protokoll** des nächsten Header für die Vermittlungsschicht. Bsp. 0x0800 = IPv4 Protocoll.
- 3. Das **zehnte Byte des IPv4 Header** gibt das **Protokoll** für die **Transportschicht** an. Bsp. 0x06 = TCP Protokoll
- 4. Anhand des **dritten und vierten Byte im TCP Header** ist die **Destination Portnummer** erkennbar. Durch diese ist im Cheatsheet die **zugehörige Anwendung** erkennbar. Bsp.: 0x0050 = 0d80 = http

8. Def. für Zugriffsverfahren, Sicherungsschicht

8.1. Definitionen

Bezeichnung	Symbol	Einheit
Paketgröße in bit	D_P	$[D_P] = 1\text{ bit}$
Rahmenzeit für ein Paket	$\tau = \frac{D_P}{R_b}$	$[\tau] = 1\text{ s}$
Signallaufzeit (transmission time)	t_t	$[t_t] = 1\text{ s}$
Round-Trip-Time/-Delay	$RTT = RTD = 2 \cdot t_t$	$[t_t] = 1\text{ s}$
durchschnittliche Paketsende-Rate	λ	$[\lambda] = 1\text{ Hz}$
Input, zu sendende Pakete	I	$[I] = 1$
Kanalauslastung / Gesamt Übertragungsversuche	$G = \lambda \cdot \tau$	$[G] = 1$
Throughput, kein Konflikt	$S, \text{ ideal } S =$	$[S] = 1$

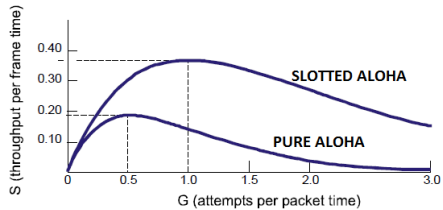
Bei keinen verlorenen Pakete gilt $I = S$
Anzahl Übertragungsversuche bzw. Kanalauslastung $G = \lambda \cdot \tau$
Anzahl erfolgreich übertragener Pakete pro Rahmenzeit $S, \text{ ideal } S = G$

9. Zugriffsverfahren

9.1. ALOHA, pure and slotted

Ziel: Medienzugangskontrolle durch Paket-Kollisionsvermeidung und -entdeckung

Datendurchsatz bei ALOHA-Systemen



Pure ALOHA Zufällige Sendung von Paketen durchschnittlich alle $\frac{1}{\lambda}$ mit Paketen der zeitlichen Rahmenlänge τ

Potentielle Kollisionszeit = 2τ
 $S = G \cdot e^{-2G}$ mit $S_{max}(G = G_{max} = 0,5) = 0,184$

Slotted ALOHA Zufälliges Senden von Paketen durchschnittlich alle $\frac{1}{\lambda}$ zu Beginn eines Zeitslots mit Paketen der zeitlichen Rahmenlänge τ

Potentielle Kollisionszeit = τ
 $S = G \cdot e^{-G}$ mit $S_{max}(G = G_{max} = 1) = 0,368$

9.2. CSMA: Carrier Sense Multiple Access

1-persistent CSMA

regelmäßige Überprüfung auf freien Kanal, wenn frei, dann Paketsendung mit Wahrscheinlichkeit 1

Non-persistent CSMA

unregelmäßige Überprüfung auf freien Kanal, wenn frei, dann Paketsendung mit Wahrscheinlichkeit 1

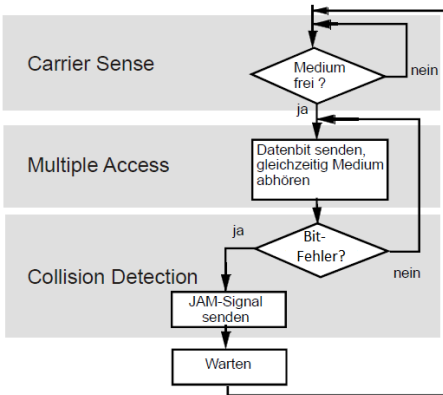
p-persistent CSMA

regelmäßige Überprüfung auf freien Kanal, wenn frei, dann Paketsendung mit Wahrscheinlichkeit p

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)

Bestimmung Ethernet: Min. Nachrichtenlänge > Max. Konfliktdauer oder ev. künstl. Nachrichtenverlängerung mit Padding Bits

CSMA/CD beim Ethernet



10. Sicherungsschicht

Bitstopfen(Bit Stuffing)

Dieses eingefügte Bit wird verwendet, wenn innerhalb der Nutzdaten zufällig die Bitfolge auftaucht, die als Blockbegrenzung (Flag) vorgesehen ist.

Kein Bitstopfen bei asynchroner Datenübertragung.

10.1. Stop and Wait

Senden eines Pakets, Warten auf Bestätigung (ACK), Senden des nächsten Pakets, usw.

$R_{eff} = \frac{D_P}{\frac{D_P}{R_b} + 2t_t}$ wenn t_t für Hin- und Rückweg gleich.

10.2. Pipelining

Fenstergröße D_W in bits bestehend aus n Paketen

Bestätigung von Paket 1 muss ankommen, bevor die Fenstergröße in bits versendet wurde, damit keine Wartezeiten anfallen.

Fall 1 (ideal): Für $\frac{D_W}{R_b} \leq \frac{D_P}{R_b} + 2t_t$

gilt: $R_{eff} = R_b$

Fall 2 (Wartezeiten): Für $\frac{D_W}{R_b} < \frac{D_P}{R_b} + 2t_t$

gilt $R_{eff} = \frac{D_W}{\frac{D_P}{R_b} + 2t_t}$

10.3. Go-back ohne Puffer

Sender überträgt, wenn nach Senden eines Pakets und Verstreichen eines Timeout-Intervall kein ACK für das Paket einging, sämtliche Daten ab dem unbestätigten Rahmen neu.

10.4. Go-back-n mit Puffer

Genauso wie ohne Puffer, nur das nach Erhalt des ACK für das erneut gesandte Paket beim ersten noch nicht gesendeten Paket weiter gesendet wird.

10.5. Selective repeat

Bei Nichtübertragung eines Pakets wird nach Timeout-Intervall nur das nicht korrekt übertragene Paket neu gesandt, alle weiteren werden gepuffert.

10.6. HDLC (High Level Data Link Control)

HDLC-Rahmenformat

Flag	Adresse	Steuerfeld	Nutzdaten	CRC	Flag
8 Bit	8	8 oder 16	variabel	16 oder 32	8

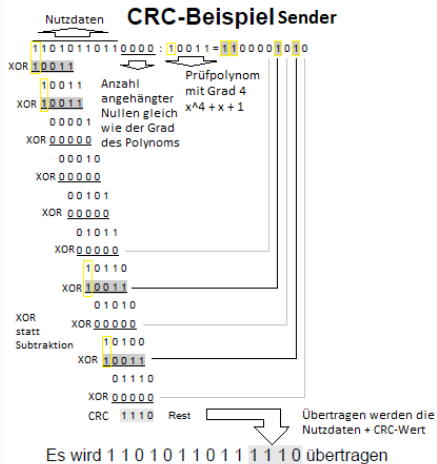
Flag:

01111110; Bit stuffing (Bitstopfen) um Flag eindeutig zu halten

10.7. CRC

Cyclic Redundancy Check

Sender und Empfänger verwenden das gleiche Prüfpolynom!



Empfänger: Überprüfen der Empfangsdaten (Nutzdaten + CRC-Wert) auf Übertragungsfehler
Empfangsdaten mit XOR statt Subtraktion durch's Prüfpolynom dividieren: 2 Fälle für's Ergebnis möglich
I. Mit Rest: Übertragungsfehler
II. Ohne Rest: wahrscheinlich kein Übertragungsfehler

Unerkennbare Bitfehler errechnen:

Zusammenhängende Bitfolge in den Empfangsdaten in der Länge des Polynoms (oder das gesamte Polynom) durch XOR mit dem Polynom verknüpfen. Also Division weiterhin restfrei.

11. Codierung

Komprimierung: Falls Bitstrom nicht gleichverteilt und mit Gedächtnis
Maximale Kompression: Bits gleichverteilt, ohne Gedächtnis
Entropie: kein Code kann für Z eine geringere mittlere Codewortlänge finden als $H(z) = \sum P(z) \log_2 \left(\frac{1}{P(z)} \right)$

11.1. Kompression

Kleiner Verlust bei unkodierten Bitstrom. Großer Gewinn bei Kodierung.
Bsp: Feste Blocklänge mit Statusbit am Anfang: Kodiert/Unkodiert

11.2. Digitale Quellencodierung (Kompression)

Arten von Kodierern:

Verteilung Bekannt: Huffman Code, Morse, Arithmetic

Universal: Lempel-Ziv (ZIP), PPM, BWT(bZip)

Transform: Fouriertransformation (JPG, GIF, PNG, MP3)

11.3. Kanalcodierung

Single-Parity-Check: 1 Bit pro 2 bit zusätzlich: $XOR(x_1, x_2)$
Daraus ergibt sich eine Effizienz von $\frac{2}{3}$

FEC: Forward Error Correction liefert Fehlererkennung und Korrektur.

Beispiele: Paritätsbit, CRC, Reed-Solomon-Codes, LDPC, Polar Codes

11.4. Informationsgehalt und Entropie

Info vom Symbol s_i : $I_i = -\log_2 P(X_Q = s_i) = -\log_2 p_i$

Entropie von X_Q : $H(X_Q) = E[I] = -\sum_{i=0}^{M-1} p_i \log_2 p_i$ [bit/Symbol]

Mittlere Codewortlänge $\bar{l} = E[l] = \sum_{i=0}^{n-1} p_i l_i$

Die minimale mittlere Codewortlänge $\bar{l} \geq H(x_Q)$

11.5. Blockparität

Beispiel Blockparität mit 9 Nutzdaten und insgesamt 7 Paritätsbits. Die Nummerierung der Bits erfolgt in Sendereihenfolge.

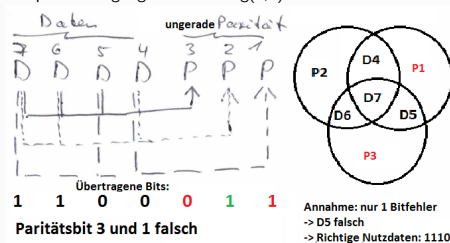
D1	D2	D3	P4
D5	D6	D7	P8
D9	D10	D11	P12
P13	P14	P15	P16

P-Bits in der Spalte ganz rechts sind die Parität für alle in ihrer Zeile befindlichen Bits.
P-Bits in der Zeile ganz unten sind die Parität für alle in ihrer Spalte befindlichen Bits.
Beide Regeln werden auf das P-Bit am Ende angewendet.
Gerade (Even) und Ungerade (Odd) Parität möglich.

11.6. Hamming Code(N,n)

N Nachrichtenbits mit $N = 2^k - 1 = n + k$
 n Datenbits
 k Paritybits

Beispielübertragung mit Hamming(7,4):



Allgemein:

11.7. Huffman Code

Sortieren nach Wahrscheinlichkeit und Codewortlänge (kurzes Codewort hohe Wahrscheinlichkeit)

Anleitung für manuelle visuelle Erstellung mittels eines "Huffman-Baums":

1. Zeichen (und/oder Knoten) mit der niedrigsten Wahrscheinlichkeit durch Leitungen verbinden
2. Beide Wahrscheinlichkeiten für die des Knotens addieren
3. weiter mit 1. bis alle verbunden sind (Gesamtwahrscheinlichkeit 1)
4. Für die neuen Codewörter nach Huffman: rückwärts bei jeder Verzweigung eine 1 für den wahrscheinlicheren Zweig und eine 0 für den unwahrscheinlicheren
5. Das erste Bit des Codeworts des Zeichens x_i nach Huffman ist die gesetzte 0 oder 1 bei der ersten Verzweigung hin zum Zeichen x_i . Das nächste Bit entsprechend der nächsten Verzweigung, usw.

Beispiel Huffman-Code

Wahrscheinlichkeiten der Zeichen x_i

i	1	2	3	4
p_i	0,4	0,2	0,2	0,2

Beispiellösung 1

i	p_i	Codewort	L_i / bit
1	0,4	00	2
2	0,2	01	2
3	0,2	10	2
4	0,2	11	2

Beispiellösung 2

i	p_i	Codewort	L_i / bit
1	0,4	0	1
2	0,2	10	2
3	0,2	110	3
4	0,2	111	3

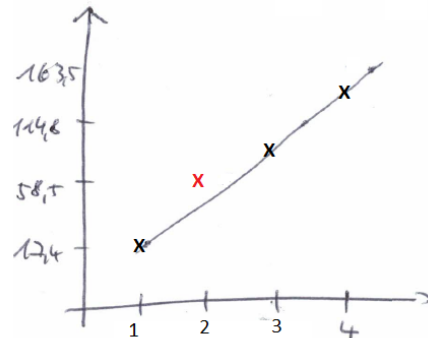
11.8. Reed-Solomon Code

k Daten werden in Zahlenformat übermittelt. Dazu kommen nochmals k Zusatz-Daten für die Fehlerkorrektur. Alle Daten liegen auf einem Polynom des Grades $k-1$. Fehler können korrigiert werden, wenn weniger als k Fehler auftreten.

Bsp. Polynom ersten Grades also $k = 2$

Alle 4 Punkte müssen auf einer Geraden liegen, also mit gleichem Abstand zwischen einander.

Zahl für den Druck: 17,4
Zahl für Fehlerkorrektur: 58,5
Zahl für die Temperatur: 114,8
Zahl für Fehlerkorrektur: 163,5



Der 2. oder 3. Zahlenwert in der Grafik ist fehlerhaft, da keine gleichen Abstände vorhanden sind.

Richtiger Durchschnittsabstand zwischen allen Punkten (mit dem Fehler bei einem der mittleren Zahlenwerte):
 $\frac{163,5 - 17,4}{3} = \frac{41,1 + 56,3 + 48,7}{3} = 48,7$

12. Lineare, digitale Modulation

12.1. Allgemeines

Informationsfluss:

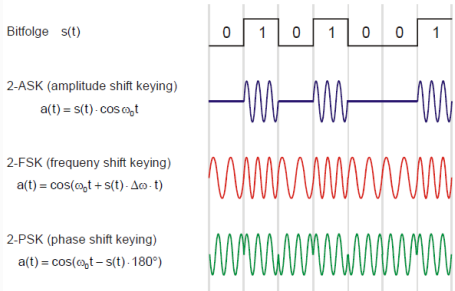
Info-Quelle → Codierung → Modulation → Kanal → Demodulation → Decodierung → Info-Senke

12.2. Modulationsarten

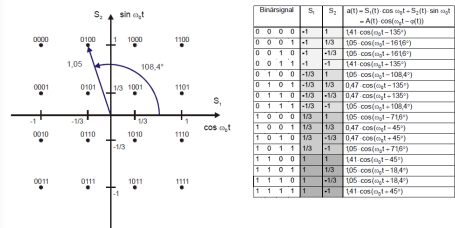
Amplitudenmodulation ASK
Frequenzmodulation FSK (Winkelmodulation)
Phasenmodulation PSK (Winkelmodulation)
Quadraturmodulation QAM

Modulation mit Sinusträger: $a(t) = A(t) \cdot \cos(\omega_0 t - \phi(t))$ Amplitudenmodulation wirkt sich nur auf $A(t)$ aus
Winkelmodulation wirkt sich nur auf $\phi(t)$

Tastung eines Sinusträgers



Trägerzustände der 16 QAM



Spread Spectrum durch Direct Sequence (DS) oder Frequency Hopping (HS)

Schützt vor Schmalbandstörern (Militär) und frequenz-selektives Fading (Mobilfunk)

12.3. On-Off Keying (OOK)

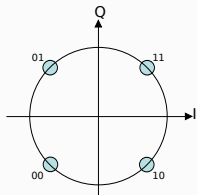
Intensitätsmodulation mit $b = 1$ (Laser an oder aus)

Mittlere Energie pro Symbol: $E_s = \frac{A_{\text{eff}}^2}{2}$

12.4. Amplitude Shift Keying (M-ASK)

Für M Stufen mit Abstand Δ gilt: $E[D_I^2 + D_Q^2] = \frac{\Delta^2(M^2 - 1)}{12}$

12.5. Phase Shift Keying (PSK)



$$d_I^2 + d_Q^2 = r^2 \quad (\text{meist } r = 1)$$
$$E_s = E[D_I^2 + D_Q^2] \int_0^T |g_s(t)|^2 dt$$

Offset: verhindert harte Übergänge (Nicht durch Null)

Gray-Codierung zwischen benachbarten Symbolen: Fehler in der Symbolerkennung hat nur geringe Bitfehler

12.5.1. DPSK

Differentielle binäre Phasenmodulation

0: Phase bleibt gleich, 1: Phase ändert sich

12.6. Quadraturamplitudenmodulation (M-QAM)

Für M Stufen und Abstand Δ : $E[D_I^2 + D_Q^2] = \frac{\Delta^2(M-1)}{6}$

13. Weiteres, IP, etc.

13.1. IPv4-Adressen

$IP - \text{Adresse} = \text{Netzwerkadresse} + \text{Hostadresse}$

IP-Adresse UND Netzwerkmaske = Netzwerkadresse inkl. vorangestellte(s) Bit(s) für die Adressklasse

Genormte Länge von 32 bit für eine IP-Adresse

Schreibweise meist in 4 Oktett-Form mit 4 durch Punkte getrennte dezimale 8-Bit-Zahlen (0...255)

Klasse	führende Bits	Wert des 1. Bytes	Bits für Netz-adresse	Bits für Host-adresse	max. Rechner-zahl
A	0	1 – 126	7	24	ca. 16 Mill.
B	10	128 – 191	14	16	ca. 65000
C	110	192 – 223	21	8	ca. 250
D	1110	224 – 239	Multicast (Hostgruppe): 28 Bits		
E	1111	reserviert für Forschungszwecke			

Klasse	Netz Adressraum	Netz max.Zahl	Host Adressraum	Host max.Zahl
A	0 bis 126	127	0.0.1 bis 255.255.254	$2^{24}-2$ =16777216-2
B	128.0 bis 191.255	16384	0.1 bis 255.254	$2^{16}-2$ =65536-2
C	192.0.0 bis 223.255.255	2 097 152	1 bis 254	2^8-2 =256-2
D			224.0.0.0 bis 239.255.255.254	$2^{28}-2$ =268 435 454

Localhost = 127.0.0.1

Netzwerkadresse, alle bits der Hostadresse sind 0

Broadcastadresse, alle bits der Hostadresse sind 1

Subnetting

Unterteilung eines Klasse A-, B- oder C-Netzes in Subnetze

Die Subnetzmaske unterteilt die Bits für die Host-Adresse in eine Subnetzwerkadresse und die eigentliche Rechneradresse.

$IP - \text{Adresse} = \text{Netzwerkadresse} + \text{Subnetzwerkadresse} + \text{eig. Rechneradresse}$

IP-Adresse UND Subnetzmaske = Netzwerkadresse + Subnetzadresse inkl. vorangestellte(s) Bit(s) für die Adressklasse

Wichtig: Router die zwei Netzsegmente koppeln benötigen 2 IP-Adressen.

Cidr-Wert Beispiel:

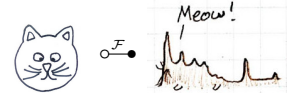
10.4.7.0/30 bedeutet 30 bits sind reserviert für den Netzanteil und 2 bits bleiben für den Hostanteil.

13.2. Router, Hubs, Switches

13.3.

14. Offtopic und Notizen

Auch wichtig:



Eigene Notizen:

Aufruf: Bildet euch! Bildet andere! Bildet banden!

Außerdem: $\Phi \Xi \heartsuit 4 \Phi$

Für Liebe und Anarchie. Gegen Ausbeuter*innen und Kriegstreiber*innen, durch (anti-)systemisches Vorgehen wie z.B. Angriffen auf menschenverachtende, umweltzerstörende, Tiere quälende/mordende Infrastruktur à la Grenzzäune, Abschiebeknäste, Kohlegruben, Schlachtfabriken und ähnliches oder z.B. durch Aufbrechen von Denkmustern einer archaischen Assozialisation die solch Gräueltaten erzeugen oder z.B. solidarische Gegenkonzepte für ein gutes Leben für alle, welche die bestehenden Verhältnisse ins Wanken bringen. Natürlich ohne individuellen Terror à la RAF. Langer beschreibender Text, um die Political Correctness zu wahren.

4 the Lulz: Heisenberg, Schroeder and Ohm are in a car

They get pulled over. Heisenberg is driving and the cop asks him "Do you know how fast you were going?"

No, but I know exactly where I am" Heisenberg replies.

The cop says "You were doing 55 in a 35." Heisenberg throws up his hands and shouts "Great! Now I'm lost!"

The cop thinks this is suspicious and orders him to pop open the trunk. He checks it out and says "Do you know you have a dead cat back here?"

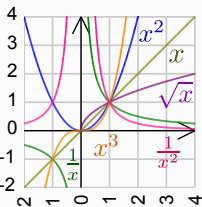
"We do now, asshole!" shouts Schrödinger.

The cop moves to arrest them. Ohm resists.

Anhang

15. Mathematik

15.1. Polynome $P(x) \in \mathbb{R}[x]_n = \sum_{i=0}^n a_i x^i$ vom Grad n



Gerade durch Punkt $P(x_0, y_0)$:
 $y = m(x - x_0) + y_0$

Quadratisch: $y = ax^2 + bx + c$
Mitternachtsformel für Nullstellen:
 $x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

15.2. Exponentialfunktion und Logarithmus

$x = a \cdot \log_b(c \cdot d)$ $b^x = (c \cdot d)^a = c^a \cdot d^a$
 $x = \log_b(c \cdot d)^a$ $\sqrt[a]{(b^x)} = c \cdot d$
 $x = \log_b c^a + \log_b d^a$ $\log_b b = 1$
 $\log_{b1} x = \frac{\log_{b2}(x)}{\log_{b2}(b1)}$ $\log_b 1 = 0$

Durch $x = (\frac{1}{x})^{-1}$ ergeben sich die Rechenregeln für Subtraktion und Division.

$x = a \cdot \log_b(c \cdot d)$
 $x = \log_b(c \cdot d)^a = \log_b c^a + \log_b d^a$
 $b^x = (c \cdot d)^a = c^a \cdot d^a$
 $\sqrt[a]{(b^x)} = c \cdot d$

15.3. Sinus, Cosinus $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$

x	0	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\frac{1}{2}\pi$	π	$\frac{1}{2}\pi$	2π
φ	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\pm\infty$	0	$\mp\infty$	0

Additionstheoreme **Stammfunktionen**

$\cos(x - \frac{\pi}{2}) = \sin x$ $\int x \cos(x) dx = \cos(x) + x \sin(x)$
 $\sin(x + \frac{\pi}{2}) = \cos x$ $\int x \sin(x) dx = \sin(x) - x \cos(x)$
 $\sin 2x = 2 \sin x \cos x$ $\int \sin^2(x) dx = \frac{1}{2}(x - \sin(x) \cos(x))$
 $\cos 2x = 2 \cos^2 x - 1$ $\int \cos^2(x) dx = \frac{1}{2}(x + \sin(x) \cos(x))$
 $\sin(x) = \tan(x) \cos(x)$ $\int \cos(x) \sin(x) = -\frac{1}{2} \cos^2(x)$

$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \sin y \cos x$ $\sin x = \frac{1}{2i}(e^{ix} - e^{-ix})$
 $\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$ $\cos x = \frac{1}{2}(e^{ix} + e^{-ix})$

15.4. Integralgarten

Partielle Integration: $\int u v' = u v - \int u' v$
Substitution: $\int f(g(x)) g'(x) dx = \int f(t) dt$

$F(x) - C$	$f(x)$	$f'(x)$
$\frac{1}{q+1} x^{q+1}$	x^q	$q x^{q-1}$
$\frac{2\sqrt{a} x^3}{3}$	\sqrt{ax}	$\frac{a}{2\sqrt{ax}}$
$x \ln(ax) - x$	$\ln(ax)$	$\frac{a}{x}$
$\frac{1}{a^2} e^{ax} (ax - 1)$	$x \cdot e^{ax}$	$e^{ax} (ax + 1)$
$\frac{a^x}{\ln(a)}$	a^x	$a^x \ln(a)$
$-\cos(x)$	$\sin(x)$	$\cos(x)$
$\cosh(x)$	$\sinh(x)$	$\cosh(x)$
$\text{Si}(x)$	$\text{sinc}(x)$	$\frac{x \cos(x) - \sin(x)}{x^2}$
$-\ln \cos(x) $	$\tan(x)$	$\frac{1}{\cos^2(x)}$

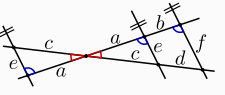
$\int e^{at} \sin(bt) dt = e^{at} \frac{a \sin(bt) + b \cos(bt)}{a^2 + b^2}$
 $\int x e^{ax^2} dx = \frac{1}{2a} e^{ax^2}$ $\int t^2 e^{at} dt = \frac{(ax-1)^2 + 1}{a^3} e^{at}$

2 ¹	2 ²	2 ³	2 ⁴	2 ⁵	2 ⁶	2 ⁷	2 ⁸	2 ¹⁶
2	4	8	16	32	64	128	256	65536

15.5. Komplexe Wechselstromrechnung

WS16/17, Umrechnung Phi, Wegdifferenz ...

16. Geometrie $a^2 + b^2 = c^2$



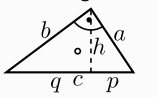
Strahlensatz:
 $a : b = c : d$ $\frac{a+b}{c+d} = \frac{a}{c} = \frac{b}{d}$
 $\frac{a}{a+b} = \frac{c}{c+d} = \frac{e}{f}$

Innenwinkelsumme im n -Eck: $(n - 2) \cdot 180^\circ$

Allg. Dreieck $\triangle ABC$ mit Seiten a, b, c und Winkel α, β, γ :

Kosinussatz: $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos(\gamma)$
Sinussatz: $\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$
Projektionssatz: $c = a \cos \beta + b \cos \alpha$
Höhe $h_c = a \sin \beta = b \sin \alpha$ Fläche $A = \frac{1}{2} h_c c = \frac{1}{2} h_a a$
Schwerpunkt: $x_S = \frac{1}{3}(x_A + x_B + x_C)$ $y_S = \frac{1}{3}(y_A + y_B + y_C)$


Rechtwinkliges Dreieck $\triangle ABC$ mit $\gamma = 90^\circ$ bei C



Pythagoras: $a^2 + b^2 = c^2$
Höhensatz: $h^2 = pq$
Kathetensatz: $a^2 = pc$
 $a = c \sin \alpha = c \cos \beta = b \tan \alpha$

Pyramide mit beliebiger Grundfläche G **Zylinder/Prisma**

$V = \frac{1}{3} G \cdot h$ $V = G \cdot h$
SP: liegt auf h mit $y_S = h/4$ $M = U \cdot h$

 **Kreis:** $A = \pi r^2$ $U = 2\pi r$
Kugel: $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ $O = 4\pi r^2$
Kreisehne: $s = 2r \sin(\alpha/2)$

17. Stochastik

KÜRZEN

17.1. Der Wahrscheinlichkeitsraum (Ω, \mathbb{F}, P)
Ein Wahrscheinlichkeitsraum (Ω, \mathbb{F}, P) besteht aus

Ergebnismenge $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots\}$ Ergebnis $\omega_j \in \Omega$
Ereignisalgebra $\mathbb{F} = \{A_1, A_2, \dots\}$ Ereignis $A_i \subseteq \Omega$
Wahrscheinlichkeitsmaß $P : \mathbb{F} \rightarrow [0, 1]$ $P(A) = \frac{|A|}{|\Omega|}$

Es gilt: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$

Bedingte Wahrscheinlichkeit für A falls B bereits eingetreten ist:
 $P_B(A) = P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$
Multiplikationssatz: $P(A \cap B) = P(A|B) P(B) = P(B|A) P(A)$

Erwartungswert: $E[X] = \mu = \sum x_i P(x_i) = \int_{\mathbb{R}} x \cdot f_X(x) dx$
Varianz: $\text{Var}[X] = E[(X - E[X])^2] = E[X^2] - E[X]^2$
Standard Abweichung $\sigma = \sqrt{\text{Var}[X]}$

Covarianz: $\text{Cov}[X, Y] = E[(X - E[X])(Y - E[Y])] = \text{Cov}[Y, X]$

Binominalverteilung (diskret, n Versuche, k Treffer):
 $P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k}$ $\mu = np$ $\sigma^2 = np(1 - p)$

Korrelation ist ein Maß für den linearen Zusammenhang von Variablen

Kreuzkorrelation von X und Y : $r_{xy} = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$

17.2. Normalverteilung

PDF: $f_X(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ $x \in \mathbb{R}$

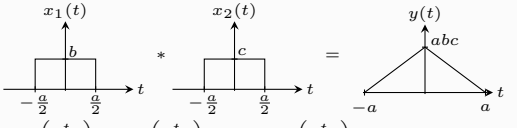
$E(X) = \mu$ $\text{Var}(X) = \sigma^2$ $\varphi_X(\omega) = e^{j\omega\mu - \frac{\omega^2\sigma^2}{2}}$
Erwartungswert Varianz Charakt. Funktion

18. Signale

Löschen?

18.1. Faltung von Signalen

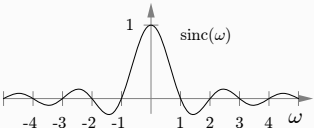
$x(t) * h(t) = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \cdot h(t - \tau) d\tau$



$\text{sinc}\left(\frac{t}{T_A}\right) * \text{sinc}\left(\frac{t}{T_A}\right) = T_A \text{sinc}\left(\frac{t}{T_A}\right)$

Löschen?

18.2. sinc-Signal



$\text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x}$
 $= \text{si}(\pi x)$
FT: $\text{sinc}(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} \text{rect}(f)$

19. Fouriertreihe und -koeffizienten

...

20. Fouriertransformation

$x(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} X(f) := \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp(-j2\pi ft) dt$
Zeitbereich Frequenzspektrum

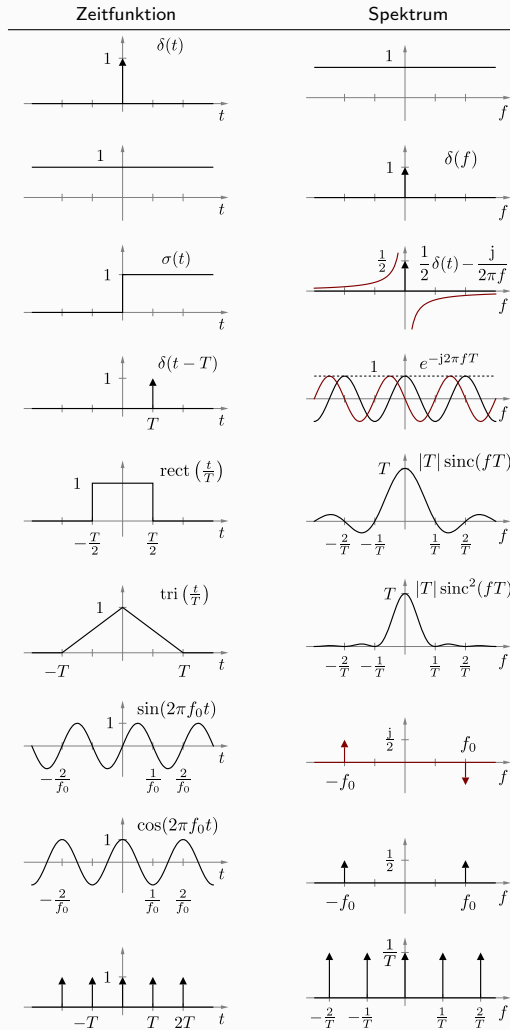
20.1. Eigenschaften der Fouriertrafo

Linearität: $\alpha x(t) + \beta g(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} \alpha X(f) + \beta G(f)$
Zeitverschiebung: $x(t - \tau) \xrightarrow{\mathcal{F}} e^{-j2\pi f\tau} X(f)$
Frequenzversch. $e^{j2\pi f_0 t} \xrightarrow{\mathcal{F}} X(f - f_0)$
Vertauschung: $U^*(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} u^*(f)$
Stauchung $x(ct) \xrightarrow{\mathcal{F}} \frac{1}{|c|} X\left(\frac{f}{c}\right)$
Ableitung $x^{(n)}(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} (j2\pi f)^n X(f)$
Integral $\int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau \xrightarrow{\mathcal{F}} \left(\frac{1}{j2\pi f} \delta(f) - \frac{j}{2\pi f}\right) X(f)$
Faltung: $(x * g)(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} X(f) \cdot G(f)$
Parseval: $\int_{-\infty}^{\infty} u_1(t) \cdot u_2^*(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} U_1(f) \cdot U_2^*(f) df$
Energie: $E = \int_{-\infty}^{\infty} |u(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |U(f)|^2 df$

Zusammenhang zwischen geraden und ungeraden Signalanteilen:

$x(t) = g + u + jg + ju$
 $X(f) = G + U + jG + jU$
 $x(t) \xrightarrow{\mathcal{F}} X(f) \xrightarrow{\mathcal{F}} x(-t) \xrightarrow{\mathcal{F}} X(-f)$
Bei periodischen Signalen: Fourierreihen!

20.2. Wichtige Fouriertransformationen



20.3. Weitere Paare

$f(t)$	$F(\omega)$	$f(t)$	$F(\omega)$
$ t^n $	$\frac{2n!}{(i\omega)^{n+1}}$	$\text{sinc}(\frac{t}{T})$	$T \text{rect}(fT)$
t^n	$2\pi i^n \delta^{(n)}(\omega)$	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} e^{-at} u(t)$	$\frac{1}{(a+i\omega)^n}$
		$\exp(-\alpha t)$	$\frac{1}{i2\pi f + \alpha}$

21. E-Technik

21.1. OP-Amp-Schaltung mit Hysterese

U_m als Spannung am Minus-Pin
 U_p als Spannung am Plus-Pin
 U_a als Ausgangsspannung
 U_e als Eingangsspannung
 $U_b = V_+$ als pos. Versorgungsspannung des Op-Amps.
 V_- als neg. Versorgungsspannung des OP-Amps U_{os} = Spannung der oberen Schaltschwelle
 U_{us} = Spannung der unteren Schaltschwelle

Positive Rückkopplung beim OP-Amp bedeutet:

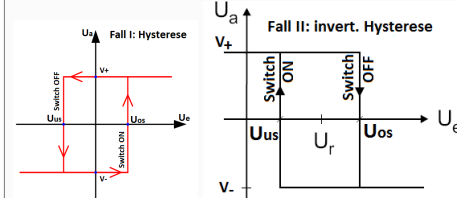
Für $U_p > U_m$ gilt $U_a = V_+ = U_b$
 Für $U_p < U_m$ gilt $U_a = V_-$ (meistens = GND)

Annahme: Pos. Versorgungsspannung = U_b , neg. Versorgungsspannung = 0 V (GND)

1. Fallunterscheidung Hysterese (I) mit U_e am Plus-Pin und invertierte Hysterese (II) mit U_e am Minus-Pin

Fall I : $\lim_{U_e \rightarrow \infty} U_m = V_+$

Fall II : $\lim_{U_e \rightarrow \infty} U_a = V_-$



2. Bedingung an der unteren (US) und oberen (OS) Schaltschwelle ($U_m = U_p$) einstellen in Abhängigkeit der Art der Hysterese (I oder II):

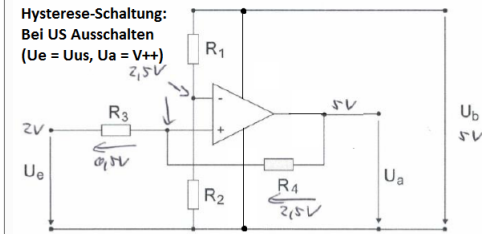
(I) US: $U_e = U_{us}$; $U_a = V_+$

(I) OS: $U_e = U_{os}$; $U_a = V_-$

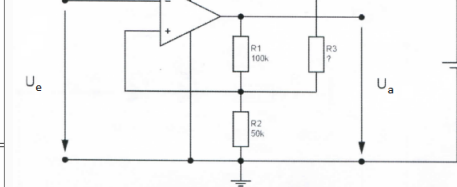
(II) US: $U_e = U_{us}$; $U_a = V_-$

(II) OS: $U_e = U_{os}$; $U_a = V_+$

Beispiele:



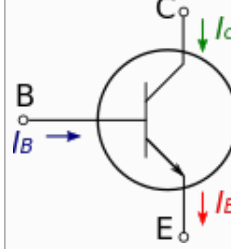
Je nach Schaltzustand:
 für $U_a = 5 \text{ V}$; $R_1 || R_3$
 für $U_a = 0 \text{ V}$; $R_1 || R_2$



3. Beide Gleichung für die verschiedenen Schaltschwellen gleichsetzen und auflösen.

21.2. NPN-Transistor

NPN-Transistor



Basis B, Kollektor C, Emitter E

Im Sperrbereich i.d.R. für $U_{BE} < 0,7 \text{ V}$

Im Verstärkungsbereich (Normalbetrieb) gilt:
 $I_C = \beta \cdot I_B$ mit dem Verstärkungsfaktor β .

Im Sättigungsbereich (Sättigungsbetrieb) ($I_C < \beta \cdot I_B$)
 I_C und I_B verhalten sich nicht mehr proportional zueinander. Es gilt:
 $I_B = \dot{U} \cdot \frac{I_C}{\beta}$ mit dem Übersteuerungs-/Reservefaktor \dot{U}

21.3. Transistorverstärker-Schaltung

Daten Transistor(Quelle Datenblatt)

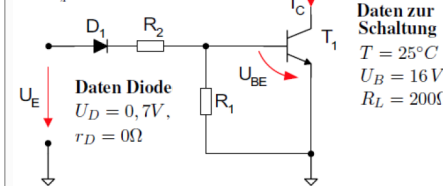
$U_{CE,sat} = 200 \text{ mV}$ ($I_C = 100 \text{ mA}$)

$I_{C,max} = 100 \text{ mA}$

$P_{tot} = 500 \text{ mW}$

$T_{j,max} = 150^\circ \text{C}$

$I_{B,peak} = 200 \text{ mA}$

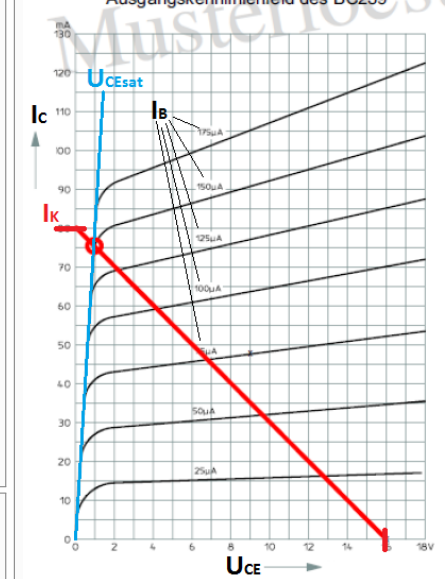


Die zum Beispiel dazugehörigen Aus- und Eingangskennlinien sind in den folgenden Subsections.

Kennpunkte für Arbeitsgerade aus Beispielschaltung:
 Kurzschlussstrom für Innenwiderstand des Transistors gleich 0 mit
 $I_K = \frac{U_b}{R_L} = 80 \text{ mA}$
 Leerlaufspannung U_{CE} im Sperrbereich gleich $U_b = 16 \text{ V}$

21.4. Transistor Ausgangskennlinie und Arbeitsgerade

Ausgangskennlinienfeld des BC239



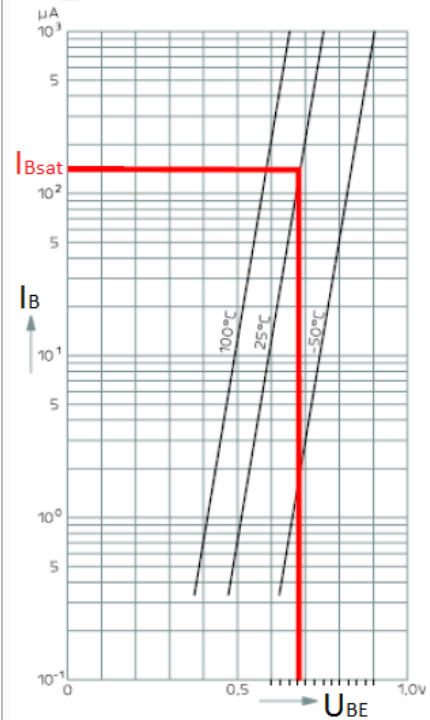
Die rote Arbeitsgerade hängt in der Beispielschaltung von U_b , R_L ab.

Markierter Arbeitspunkt auf Arbeitsgerade gewählt für minimales $I_{B,sat} = 150 \mu\text{A}$ damit $U_{CE} = U_{CE,sat}$, U_{CE} also möglichst minimal bleibt.

Bei einem höheren I_B wäre der Arbeitspunkt im Sättigungsbereich und U_{CE} höher.

21.5. Transistor Eingangskennlinie und Temperaturpunkt

Eingangskennlinien des BC239



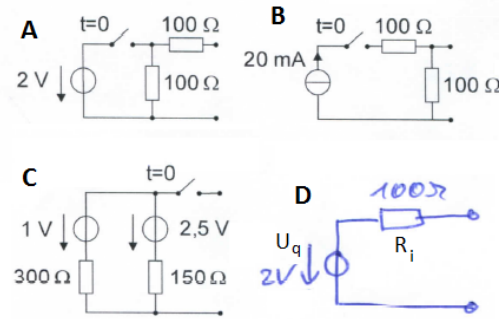
Temperaturbestimmung durch Schnittpunkt einer Temperaturgeraden mit I_{Bsat} und $U_{BE} \approx 0,7V$

21.6. Lineare Ersatzspannungsquelle bestimmen

Bestimmung des Innenwiderstands R_i und der Quellspeisung U_q einer linearen Ersatzspannungsquelle:

1. R_i = Widerstand von Klemme zu Klemme mit U-Quellen kurzgeschlossen und I-Quellen offen
2. U_q = Klemmspannung im Leerlauf

Beispiel-Ersatzspannungsquelle D, identisch mit den Quellen A, B und C



Beispielrechnung:

1.A: $R_i = 100\Omega + (0\Omega || 100\Omega) = 100\Omega$

2.A: $U_q = 2V$

1.B: $R_i = 100\Omega$

2.B: $U_q = \frac{100}{200} \cdot 20mA \cdot 200\Omega = 2V$

1.C: $R_i = 150\Omega || 300\Omega = 100\Omega$

2.C: $U_q = 2,5V + \frac{(1-2,5)V}{450\Omega} \cdot 150\Omega = 2V$

22. Naturkonstanten

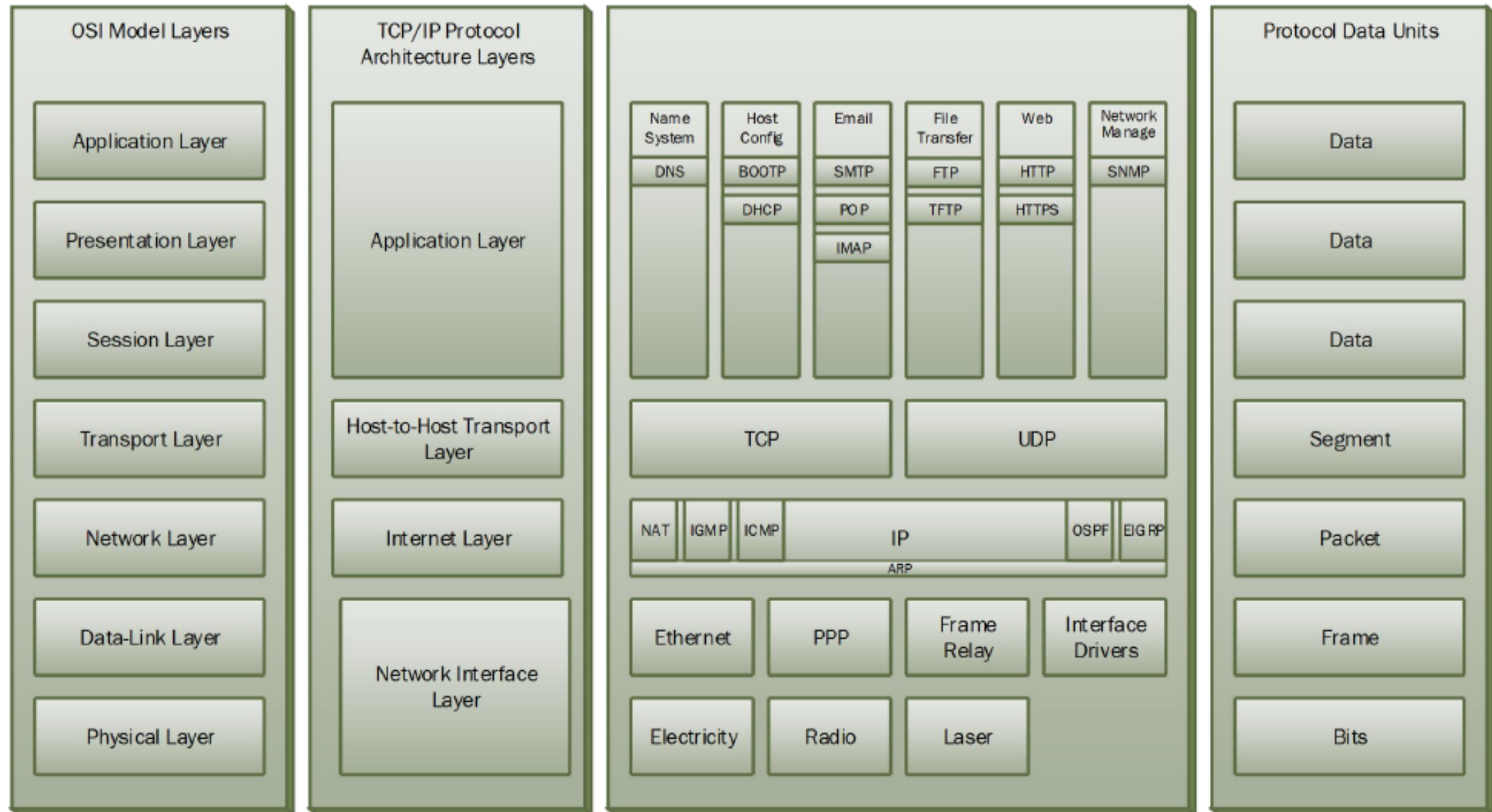
Konstanten...

Dez	Hex	Okt	Zeichen	Dez	Hex	Okt	Zeichen
0	0x00	000	NUL	32	0x20	040	SP
1	0x01	001	SOH	33	0x21	041	!
2	0x02	002	STX	34	0x22	042	"
3	0x03	003	ETX	35	0x23	043	#
4	0x04	004	EOT	36	0x24	044	\$
5	0x05	005	ENQ	37	0x25	045	%
6	0x06	006	ACK	38	0x26	046	&
7	0x07	007	BEL	39	0x27	047	'
8	0x08	010	BS	40	0x28	050	(
9	0x09	011	TAB	41	0x29	051)
10	0x0A	012	LF	42	0x2A	052	*
11	0x0B	013	VT	43	0x2B	053	+
12	0x0C	014	FF	44	0x2C	054	,
13	0x0D	015	CR	45	0x2D	055	-
14	0x0E	016	SO	46	0x2E	056	.
15	0x0F	017	SI	47	0x2F	057	/
16	0x10	020	DLE	48	0x30	060	0
17	0x11	021	DC1	49	0x31	061	1
18	0x12	022	DC2	50	0x32	062	2
19	0x13	023	DC3	51	0x33	063	3
20	0x14	024	DC4	52	0x34	064	4
21	0x15	025	NAK	53	0x35	065	5
22	0x16	026	SYN	54	0x36	066	6
23	0x17	027	ETB	55	0x37	067	7
24	0x18	030	CAN	56	0x38	070	8
25	0x19	031	EM	57	0x39	071	9
26	0x1A	032	SUB	58	0x3A	072	:
27	0x1B	033	ESC	59	0x3B	073	;
28	0x1C	034	FS	60	0x3C	074	«
29	0x1D	035	GS	61	0x3D	075	=
30	0x1E	036	RS	62	0x3E	076	»
31	0x1F	037	US	63	0x3F	077	?

Dez	Hex	Okt	Zeichen	Dez	Hex	Okt	Zeichen
64	0x40	100	@	96	0x60	140	'
65	0x41	101	A	97	0x61	141	a
66	0x42	102	B	98	0x62	142	b
67	0x43	103	C	99	0x63	143	c
68	0x44	104	D	100	0x64	144	d
69	0x45	105	E	101	0x65	145	e
70	0x46	106	F	102	0x66	146	f
71	0x47	107	G	103	0x67	147	g
72	0x48	110	H	104	0x68	150	h
73	0x49	111	I	105	0x69	151	i
74	0x4A	112	J	106	0x6A	152	j
75	0x4B	113	K	107	0x6B	153	k
76	0x4C	114	L	108	0x6C	154	l
77	0x4D	115	M	109	0x6D	155	m
78	0x4E	116	N	110	0x6E	156	n
79	0x4F	117	O	111	0x6F	157	o
80	0x50	120	P	112	0x70	160	p
81	0x51	121	Q	113	0x71	161	q
82	0x52	122	R	114	0x72	162	r
83	0x53	123	S	115	0x73	163	s
84	0x54	124	T	116	0x74	164	t
85	0x55	125	U	117	0x75	165	u
86	0x56	126	V	118	0x76	166	v
87	0x57	127	W	119	0x77	167	w
88	0x58	130	X	120	0x78	170	x
89	0x59	131	Y	121	0x79	171	y
90	0x5A	132	Z	122	0x7A	172	z
91	0x5B	133	[123	0x7B	173	{
92	0x5C	134	\	124	0x7C	174	
93	0x5D	135]	125	0x7D	175	}
94	0x5E	136	^	126	0x7E	176	-
95	0x5F	137	_	127	0x7F	177	DEL

ASCII-Tabelle

OSI vs. Internet-Protokollhierarchie



Bezeichnung	Symbol	Einheit
Datenmenge in bit	$D_b = 8D_B$	$[D_b] = 1bit$
Datenmenge in Byte	D_B	$[D_B] = 1Byte = 8bit$
Signalstufen	V	$[V] = 1$
Baudrate / Schrittgeschwindigkeit	R_{baud}	$[R_{baud}] = 1Hz$
Bitrate/Brutto-Übertragungsrate	$R_b = R_{baud} \cdot \log_2(V) bit$	$[R_b] = 1bps = 1 \frac{bit}{s}$
Durchsatz/Netto-Übertragungsrate, effektiv	$R_{eff} = \frac{D_b}{t_{ges}}$	$[R_{eff}] = 1bps$

Signalstufen V; Anzahl der möglichen annehmbaren Werte eines diskret. Signals pro Schritt

Zeit t_{ges} ab Sendestart einer Datenmenge D_b bis zum vollständigen Empfang, abhängig von verwendeten Protokollen