

Fragenkatalog mit Antworten (CEPT)

Prüfungsfrage 1

Ohmsches und Kirchhoff'sches Gesetz.

Ohm'sches Gesetz:

$$U = R \times I \qquad [V] = [\Omega \times A] \qquad (1)$$

- Spannungsquelle (=Batterie) an elektrischen Verbraucher (=elektrischer Widerstand) lässt Strom fließen
- Spannung: Potentialunterschied zwischen zwei Polen (Überschuss, Mangel) die leitfähig verbunden sind, Volt.
- Strom: Bewegung freier Elektronen in einem elektrischen Leiter, Ampere
- Widerstand: leitet elektrischen Strom mehr oder weniger gut, Ohm

Erstes Kirchhoff'sches Gesetz (Parallel):

- "Summe aller Ströme in einem Knoten ist null"

$$I_{ges} = \sum I_i = 0 \qquad (2)$$

Zweites Kirchhoff'sches Gesetz (Serie):

- "Summe aller Spannungen in einem Umlauf/Masche ist null"

$$U_{ges} = \sum U_i = 0 \qquad (3)$$

Prüfungsfrage 2

Begriff Leiter, Halbleiter, Nichtleiter.

Leiter:

- Material das elektrischen Strom sehr gut leitet → viele freie Ladungsträger zwischen Atomen
zB: Silber, Kupfer, Aluminium, Gold

Halbleiter:

- Material dass Leitfähigkeit durch äußere Einflüsse ändern kann
zB: Silizium, Germanium

Nichtleiter:

- Material dass elektrischen Strom sehr schlecht leitet (=Isolator)
zB: Glas, Keramik, Kunststoff

Prüfungsfrage 3

Kondensator, Begriff Kapazität, Einheiten - Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung.

Begriff:

- Ladungsspeicher
- Besteht aus zwei elektrisch leitenden Materialien
- Durch einen Isolator getrennt

Kapazität:

- Symbol $C = \frac{Q}{U}$
- Ladungsmenge $\pm Q$ je Platte

Einheit:

- Farad [F]

Verhalten bei Gleichspannung:

- Kondensator als Speicher
- Strom lädt Platten pos/neg auf (Differenzspannung) bis kein Strom mehr fließt

Verhalten bei Wechselspannung:

- Kondensator als Stromleiter
- Mehr Frequenz \subset mehr Stromfluss \subset weniger Blindwiderstand
- (Sinussignal \subset 90° Phasenverschiebung zwischen I und U mit I vor U)
- (Wirkwiderstand $R = U/I$ heißt jetzt Blindwiderstand X_C)

Prüfungsfrage 4

Spule, Begriff Induktivität, Einheiten - Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung.

Spule:

- Mehrere Windungen eines Leiters auf einem magnetisch aktiven Kern

Induktivität:

- Symbol L
- Stromdurchflossener Leiter aufgrund der Änderung ein Magnetfeld aufbaut
- Wirkt Stromänderung entgegen

Einheit:

- Henry [H]

Verhalten bei Gleichspannung:

- Spule als Speicher
- Beim Abschalten entstehen große Spannungen (=Freilaufdiode parallel schalten)

Verhalten bei Wechselspannung:

- Spule als Stromleiter
- Mehr Frequenz \subset weniger Stromfluss \subset mehr Blindwiderstand
- Wirkwiderstand $R = U/I$ heißt jetzt Blindwiderstand X_L

Prüfungsfrage 5

Wärmeverhalten von elektrischen Bauelementen.

PTC:

- \uparrow Temperatur \subset \uparrow Widerstand
- Alle Metalle (und meisten guten Leiter)
- zB: Glühlampe, hoher Einschaltstrom erhitzt und erhöht Widerstand, Strom sinkt auf Betriebsniveau

NTC:

- \uparrow Temperatur \subset \downarrow Widerstand
- Viele Halbleiter
- zB: Messung der Temperatur mit stromdurchflossene Diode, sehr Empfindlich auf Temperaturänderungen

Prüfungsfrage 6

Stromquellen (Kenngrößen).

Primärzellen:

- Elektrochemische Energiespeicher, einmalig
- Innenwiderstand:
 - Erhöht sich selbstständig (=limitiert Strom)
- Kapazität [Ah]:
 - Menge elektrischer Ladung Q mit C_N Nennkapazität

Sekundärzellen:

- Elektrochemische Energiespeicher, müssen geladen werden (Akkumulatoren)
- Innenwiderstand: meist langzeitstabil (=limitiert Strom)
- Kapazität [Ah]:
 - Laden: elektrische Energie \rightarrow chemische Energie
 - Entladen: chemische Energie \rightarrow elektrische Energie, gibt Elektronen ab

Prüfungsfrage 7

Sinus- und nicht-sinusförmige Signale.

Sinusförmige Signale:

- Amplitudenverlauf der exakt einer mathematischen Sinusfunktion entspricht
- Nur 1 Frequenz am Frequenzspektrum $f = 1/T$ mit Periodendauer T

Nicht-sinusförmige Signale:

- Zusammengesetzt aus mehreren Sinussignalen
- zB: Dreiecksignal, Sägezahnsignal, Rechtecksignal, Trapezsignal

(Information die mittels Träger übermittelt wird, zB: elektromagnetische Welle via Funk)

Prüfungsfrage 8

Was verstehen Sie unter dem Begriff Skin-Effekt?

Begriff:

- Jeder Leiter stellt Induktivität dar, elektrischer Strom (Veränderung) baut Magnetfeld auf
- Hohe Frequenzen drängen Stromfluss aus Mitte zum Rand, Strom fließt nur mehr auf der Außenhaut

(Lösung:)

- Lösung: Verwende mehrere dünne Drähte (Litzen) für größere Oberfläche

Prüfungsfrage 9

Gleich- und Wechselspannung - Kenngrößen.

Kenngröße	Gleichspannung	Wechselspannung
Amplitude	konstant	konstant
Polarität	konstant	konstant
Strombelastbarkeit		
Innenwiderstand	ideal $R_I = 0^\dagger$	ideal $R_I = \infty^\ddagger$
Kapazität		[Ah]
Effektivwert	$U_{\text{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$ $I_{\text{eff}} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$	
Frequenz		f
Kurvenform		Sinus, etc.

($^\dagger R_I$ seriell zur Quelle, $^\ddagger R_I$ parallel zur Quelle)

Prüfungsfrage 10

Was verstehen Sie unter dem Begriff Permeabilität?

Begriff:

- Maß für Erhöhung der Induktivität (=Ferro-magnetismus)
- Formelzeichen μ
- Eisenkern in Spule: \uparrow Induktivität
- Materialabhängig: Luft 1, Eisen 5000, Ferro-Metall 100.000

Prüfungsfrage 11

Serien- und Parallelschaltung von R, L, C.

Serienschaltung:

$$R_{\text{ges}} = \sum R_i \quad (4)$$

$$L_{\text{ges}} = \sum L_i \quad (5)$$

$$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \sum \frac{1}{C_i} \quad (6)$$

Parallelschaltung

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \sum \frac{1}{R_i} \quad (7)$$

$$\frac{1}{L_{\text{ges}}} = \sum \frac{1}{L_i} \quad (8)$$

$$C_{\text{ges}} = \sum C_i \quad (9)$$

Prüfungsfrage 12

Was verstehen Sie unter dem Begriff Dielektrikum?

Begriff:

- Isolierende Schicht zwischen 2 Platten eines Kondensators
- Dielektrizitätskonstante: Faktor um wieviel höher Kapazität höher als Luft (=1) ist (Materialkonstante)
- zB: Teflon 2, Aluminiumoxid 7, Tantalpentoxid 27, Wasser 80

Prüfungsfrage 13

Wirk- Blind- und Scheinleistung bei Wechselstrom.

Wirkleistung P_W :

- Ausschließlich ohm'sche Widerstände [W]

Blindleistung P_B :

- Ausschließlich kapazitive Blindwiderstände [VA]
- Ausschließlich induktive Blindwiderstände [VA]

Scheinleistung S :

- Kombinierte Widerstände RC / RL [VA]

Prüfungsfrage 14

Begriff elektrischer Widerstand (Schein- Wirk- und Blindwiderstand), Leitwert.

Elektrischer Widerstand:

- Wirkwiderstand: Ohm'scher Widerstand, Einheit [Ω]
- Blindwiderstand: Kondensatoren X_C / Spulen X_L , Phase um 90° verschoben, Einheit [Ω]
- Scheinwiderstand: kombinierte Widerstände, RC $Z^2 = R^2 + X_C^2$, RL $Z^2 = R^2 + X_L^2$, Phase $0 - 90^\circ$ verschoben, Einheit [Ω]

Leitwert:

- Kenngröße $G = \frac{1}{R} \dots$ wie gut ein Verbraucher elektrischen Strom leitet
- Einheit Siemens [S]

Prüfungsfrage 15

Berechnen Sie den induktiven Blindwiderstand einer Spule mit $30 \mu\text{H}$ bei 7 MHz (Werte sind variabel).

Begriff:

$$X_L [\Omega] = 2 \times \pi \times f \times L \quad (10)$$

(Lösung:)

$$X_L = 2 \times \pi \times 7 \cdot 10^6 \times 30 \cdot 10^{-6} = 1318.8 [\Omega]$$

(Milli: 10^{-3} , Micro: 10^{-6} , Nano: 10^{-9} , Piko: 10^{-12})

Prüfungsfrage 16

Berechnen Sie den kapazitiven Blindwiderstand eines Kondensators von 500 pF bei 10 MHz (Werte sind variabel)

Begriff:

$$X_C [\Omega] = \frac{1}{2 \times \pi \times f [\text{Hz}] \times C [\text{F}]} \quad (11)$$

(Lösung:)

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times 10 \cdot 10^6 \times 500 \cdot 10^{-12}} = 31.84 [\Omega]$$

Prüfungsfrage 17

Der Transformator - Prinzip und Anwendung.

Prinzip:

- Wicklungen n_1, n_2 auf einem gemeinsamen Spulenkern

Anwendung:

- Spannung, Strom oder Widerstand verkleinern oder vergrößern
- zB: Leistungsanpassung an ein Koaxialkabel (Impedanz ist gleich).

Prüfungsfrage 18

Der Resonanzschwingkreis - Kenngrößen.

Begriff:

- Besteht aus Spule (speichert magnetische Energie) und Kondensator (speichert elektrische Energie)

Kenngrößen:

- Resonanzfrequenz f_r :

$$f_r = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L [\text{H}] \times C [\text{F}]}} [\text{Hz}] \quad (12)$$

- Güte Q mit $\uparrow Q \subset \downarrow B$ Bandbreite:

$$Q = \frac{f_r}{B} [1] \quad (13)$$

- Bandbreite B :

$$B = f_2 - f_1 [\text{Hz}] \quad (14)$$

- Grenzfrequenzen $f_{1,2}$:

Prüfungsfrage 19

Der Resonanzschwingkreis - Anwendungen in der Funktechnik.

Anwendung:

- Hochpass: Nur hohe Frequenzen vom Eingang zum Ausgang passieren
- Tiefpass: Nur tiefe Frequenzen vom Eingang zum Ausgang passieren
- Bandsperre: Sperrt einen Frequenzbereich vom Eingang zum Ausgang
- Sperrkreis: Sperrt eine Frequenz am Ausgang
- Bandpass: Lässt nur ein Frequenzband vom Eingang am Ausgang passieren

Prüfungsfrage 20

Berechnen Sie die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises mit folgenden Werten: $L = 15\mu H$, $C = 30pF$ (Werte sind variabel).

Berechnung:

$$f_r = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L [H] \times C [F]}} \text{ [Hz]} \quad (15)$$

(Lösung:)

$$f_r = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{15 \cdot 10^{-6} \times 30 \cdot 10^{-12}}} \approx 7.50 \text{ [MHz]}$$

Prüfungsfrage 21

Filter – Arten, Aufbau, Verwendung und Wirkungsweise.

Arten:

- Hochpass: Nur hohe Frequenzen vom Eingang zum Ausgang passieren
- Tiefpass: Nur tiefe Frequenzen vom Eingang zum Ausgang passieren
- Bandsperre: Sperrt einen Frequenzbereich vom Eingang zum Ausgang
- Sperrkreis: Sperrt eine Frequenz am Ausgang
- Bandpass: Lässt nur ein Frequenzband vom Eingang am Ausgang passieren

Aufbau:

- II ("Pi")-Schaltung
- T-Schaltung

Verwendung:

- Entfernen unerwünschter Frequenzen bzw. weiterverarbeiten nur gewünschter Frequenzen

Wirkungsweise:

- Ändern des elektrischen Signals abhängig von Frequenz in Amplitude und Phasenlage

Prüfungsfrage 22

Was sind Halbleiter?

Begriff:

- Leitfähigkeit durch elektrische- oder physikalische Einflüsse gesteuert
- Silizium (=4 Valenzelektronen) mit winziger Verunreinigung (=Dotierung):
 - n-Leitung durch Hinzufügen eines Atoms \subset Elektronenüberschuss
 - p-Leitung durch Entfernen eines Atoms \subset Elektronenmangel

Prüfungsfrage 23

Die Diode - Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Aufbau:

- p-n Übergang mit p (=Elektronen) und n (=Löcher)
- Rekombination wenn Elektron auf Loch trifft (=weniger Ladungsträger verfügbar) \subset Aufbau Raumladungszone

Wirkungsweise:

- Durchlassrichtung: Strom nur in eine Richtung fließen lassen
- Anlegen “+” an n \subset Verkleinern der Raumladungszone \subset Strom fließt
- Anlegen “-” an n \subset Vergrößern der Raumladungszone \subset Strom stoppt

Anwendung:

- Gleichrichtung von Wechselspannungen
- Stabilisierung von Spannung (“Zenerdiode”)
- LED

Prüfungsfrage 24

Der Transistor - Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung.

Aufbau:

- p-n-p Übergang und n-p-n Übergang (Kollektor, Base, Emitter)
- n (=Elektronen) und p (=Löcher) mit Raumladungszone am p-n Übergang

Wirkungsweise:

- Im Kollektor fließt Strom, wenn Spannung Basis-Emitter mind. $+0.7 [V]$ (Si-Transistor)
- Strom Basis I_B , Strom im Kollektorkreis I_C wesentlich höher als Basisstrom I_B (=stromgetrieben, kleiner Basisstrom steuert größeren Emitter-Kollektor Strom)
- Großer Eingangswiderstand, leistungslose Steuerung in niedrigen Frequenzen

Anwendung:

- Anwendung: Verstärker und Schalter

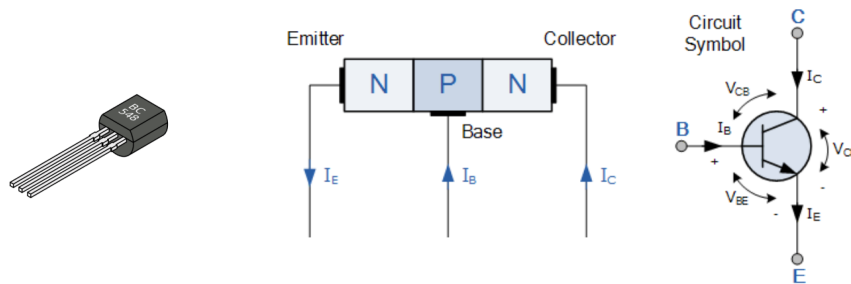


Abbildung 1: NPN-Transistor

Feldeffekt-Transistor (FET):

- Aufbau: Drain, Gate (Steuerelektrode), Source

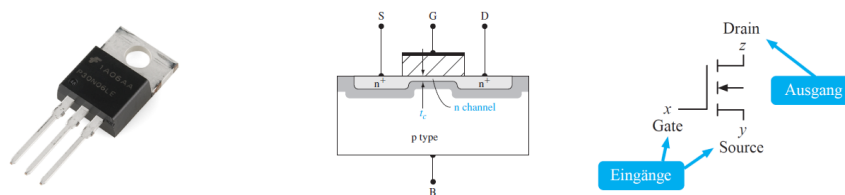


Abbildung 2: [1]

Abbildung 3: MOSFET (enhanced) N-Kanal

Sperrschicht-Feldeffekttransistoren (JFET):

- Aufbau: Gate-, Drain- und Source-Schaltung

Prüfungsfrage 25

Die Elektronenröhre - Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung.

Aufbau:

- Luftleerer Glaskolben mit Kathode und Anode

Wirkungsweise:

- Diode:
 - Kathode glüht, emittiert freie Elektronen
 - Anode fängt Elektronen auf
- Triode:
 - Kathode glüht, emittiert freie Elektronen
 - Anode fängt Elektronen auf
 - Steuergitter für verfügbare Ladungsträger

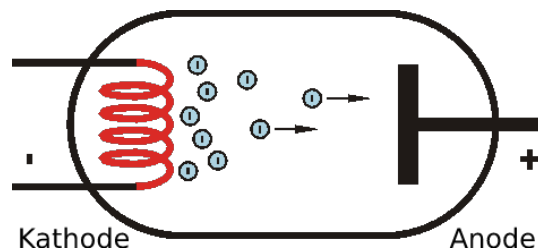


Abbildung 4: Elektronenröhre (modifiziert von [2])

Anwendung:

- Bis zur Einführung des Transistors als Verstärker (=aktiv, schnell)
- Heute noch HF-Leistungsverstärker im high-end Audio-Bereich

Prüfungsfrage 26

Arten von Gleichrichterschaltungen - Wirkungsweise.

Arten:

- Einweggleichrichter:
 - 1 Diode richtet nur eine Halbwelle der Wechselspannung gleich
- Doppelweggleichrichter:
 - 2 Dioden richten beide Halbwellen der Wechselspannung gleich
- Vollweg- oder Brückengleichrichter:
 - 4 Dioden richten beide Halbwellen der Wechselspannung gleich
 - Doppelter Spannungsabfall wegen der Bauweise

Wirkungsweise:

- Einweggleichrichter sperrt über die Diode die negative Halbwelle, zusätzlicher Glättungskondensator kann auch negative Halbwelle Gleichrichten (mit Verlust)
- Doppelweggleichrichter sperrt in beide Richtungen und richtet beide Wellen gleich ohne Kondensator

Prüfungsfrage 27

Stabilisatorschaltungen.

Spannungsbegrenzung:

- Spannungsstabilisierung trotz variablen Strom
- zB: digitale Bauteile in TTL-Technologie 0 – 5V

Z-Diode:

- Betrieb in Sperrrichtung
- Sehr stark dotierte n- und p-Schicht
- Sehr geringe Sperrschichtdicke
- Ab Durchbruchspannung U_{BR} steigt Strom extrem an (=kleine Spannungsänderungen steuern große Ströme)

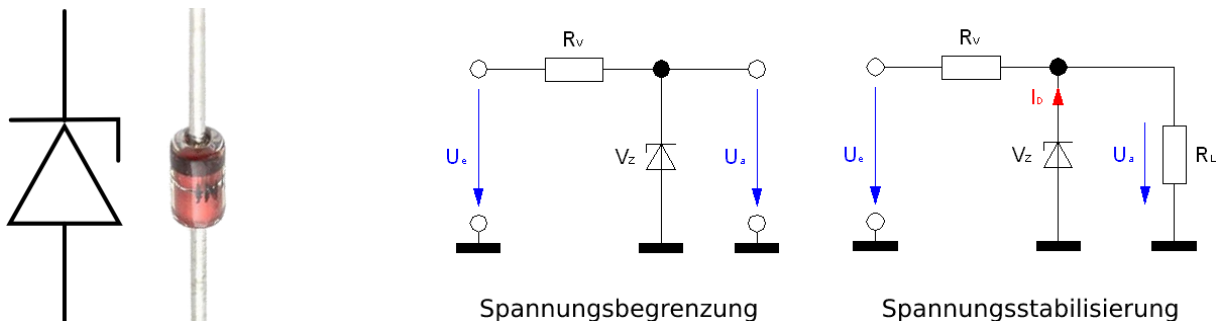


Abbildung 5: Schaltsymbol (links), Bauteil und Stabilisatorschaltungen (rechts)

Prüfungsfrage 28

Hochspannungsnetzteil - Aufbau, Dimensionierung und Schutzmaßnahmen.

Aufbau:

- Transformator zur galvanischen Trennung von U_e und U_a
- Einfache Bauweise: Villard-Greinacher Einpuls-Verdoppler mit 2 Kondensatoren und 2 Dioden

Dimensionierung:

- $U_a \approx 2 \cdot \hat{u}_s$ mit Scheitelspannung \hat{u}_s
- $C = \frac{34 \text{ sek} \cdot (n+2) \cdot I}{U}$ mit n Anzahl der Stufen

Schutzmaßnahmen:

- Berührungsschutz durch Gehäuse

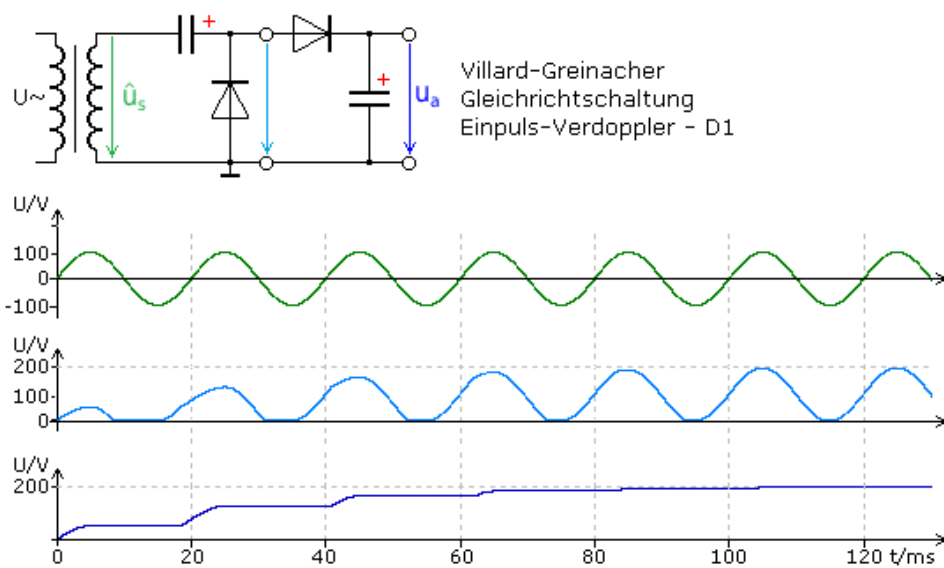


Abbildung 6: Villard-Greinacher Gleichrichterschaltung [3]

(Wirkweise: 1. pos. Halbwellen am Trafo \subset Diode sperrt, 1. neg. Halbwellen am Trafo \subset Diode leitet und Kondensator wird geladen, 2. pos. Halbwellen am Trafo \subset Diode sperrt, Kondensator kann nicht entladen)

Prüfungsfrage 29

Welche Arten von digitalen Bauteilen kennen Sie? - Wirkungsweise.

Arten:

Bauteil	Art	Wirkungsweise
AND	Statisch	$A \wedge B$
OR	Statisch	$A \vee B$
NOT	Statisch	$\neg A$
RS-FF	Dynamisch	$Q = 1$ wenn $S = 1$, sonst $Q = 0$ wenn $R = 1$, illegal $R = S = 1$
JK-FF	Dynamisch	Wie RS aber JK+Clk, keine illegalen Zustände
D-FF	Dynamisch	Wie RS aber Data+Clk
T-FF	Dynamisch	Wie D-FF aber T+Clk

Prüfungsfrage 30

Was sind elektronische Gatter? - Wirkungsweise.

Begriff:

- Logische Digitalbauelemente
- AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR

Wirkungsweise:

- Zwei Zustände (=0/1)
- Statisch
- Bool'sche Logik

Prüfungsfrage 31

Messung von Spannung und Strom am Beispiel eines vorgegebenen Stromkreises.

Messung Spannung:

- Voltmeter parallel zum Widerstand
- (Ideal möglichst hoher Innenwiderstand für unverfälschten Messwert, weil Parallelschaltung)

Messung Strom:

- Amperemeter in Serie schalten (=Leitung auftrennen)
- (Ideal möglichst kleiner Innenwiderstand für unverfälschten Messwert, weil Serienschaltung)

Prüfungsfrage 32

Erklären Sie die prinzipielle Wirkungsweise eines Griddimeters, Anwendung und Funktion.

Wirkungsweise:

- Messung der Resonanzfrequenz
- Oszillator mit hoher und variabler Frequenz mit kalibrierten Kondensatoren und Spulen
- Resonanz wird als Abfall ("Dip") der Amplitude eines Signals auf einer Anzeige angezeigt

Anwendung:

- Messen von Resonanzen (=anstatt sie zu berechnen)
- zB: Antenne, Resonanzkreise, Filter

Funktion:

- Griddimeter-Oszillator annähern an unbekanntem Schwingkreis
- Erreichen der Resonanzfrequenz des Schwingkreises \subset Energie überkoppeln
- Plötzlicher Energieverlust am Griddimeter ("dip"), ablesen an der Skala

Prüfungsfrage 33

Erklären Sie die Funktionsweise eines HF-Wattmeters.

Funktionsweise:

- Messung der Hochfrequenzleistung (HF, Watt) durch Spannungsmessung an einem Widerstand
- Direkte Messung:
 - Einweggleichrichter und Kondensator zur Glättung wandelt in Gleichspannung um
 - Anzeigen der Gleichspannung an einem Voltmeter
 - Leistung wird in Wärme umgewandelt (nur testen der Verstärkerstufe ohne Aussendung!)

$$P = \frac{U^2}{R} [W] \quad (16)$$

Prüfungsfrage 34

Erklären Sie die Funktionsweise eines Oszillografen (Oszilloskop).

Funktionsweise:

- Darstellen von zeitlich wiederholenden Spannungen über Zeit zur Diagnose
- Ergebnis ist ein Bild (x-Achse ist Zeit, y-Achse ist Amplitude), sog. Oszillogramm
- Moderne Oszilloskope:
 - Mittelwertbildung
 - Berechnung Amplitude, Anstiegszeit, Impulsbreite, Frequenz, Frequenzspektrum
 - Histogramme
 - Einstellen auf unbekanntes Signal

Prüfungsfrage 35

Erklären Sie die Funktionsweise eines Spektrumanalysators.

Funktionsweise:

- Amplitudenspektrum (=Betrag des Frequenzspektrums) wird gemessen
(=weil kein zeitlicher Bezug zu Referenzphase und Phasenlage gemessen werden kann)
- Schnelle Fourier-Transformation:
 - Abtasten des Signals mit Frequenz f_s und Abtastungen je Block $BL = 2^x$
 - Errechnen Bandbreite $f_n = f_s/2$
 - Messdauer $D = BL/f_s$
 - Frequenzauflösung $d_f = f_s/BL$
- Frequenzen in Signal müssen ganzzahlig dividierbar sein → Windowing des Signals in der Praxis

(Anwendung:)

- Anzeigen Zeitachse (x-Achse) und Frequenzen (y-Achse)
- Überprüfen ob innerhalb erlaubter Frequenzbänder senden

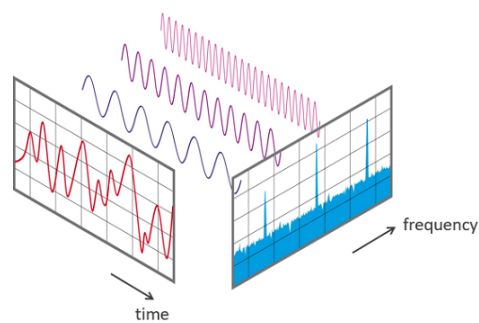


Abbildung 7: Beispielsignal enthält 3 dominante Frequenzen auf dem Frequenzspektrum [4]

Prüfungsfrage 36

Begriff Demodulation.

Begriff:

- Rückgewinnen eines NF-Signals aus HF-Basisband

Erklärung am Beispiel eines Hüllkurvendemodulators:

- Ladeschaltung:
 - Spitzenwertgleichrichtung durch Diode des pos. \oplus neg. AM-Signals
- Siebschaltung:
 - Diode sperrt danach und durch den Widerstand wird der Kondensator langsam entladen
 - Optimale Dimensionierung \subset Spannungsverlauf am Kondensator entspricht dem ursprünglichen Informationssignal
 - R fest, C dimensionieren
zB: zu klein \subset vollständige Entladung, zu groß \subset dämpft höchste NF-Frequenz)

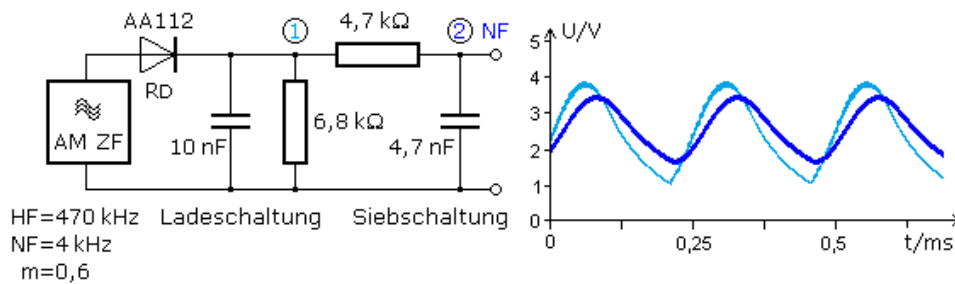


Abbildung 8: AM-Demodulator für Lang-/Mittel-/Kurzwellen [5]

Prüfungsfrage 37

Zeichnen Sie das Blockschaftbild eines Überlagerungsempfängers.

Blockschaftbild:

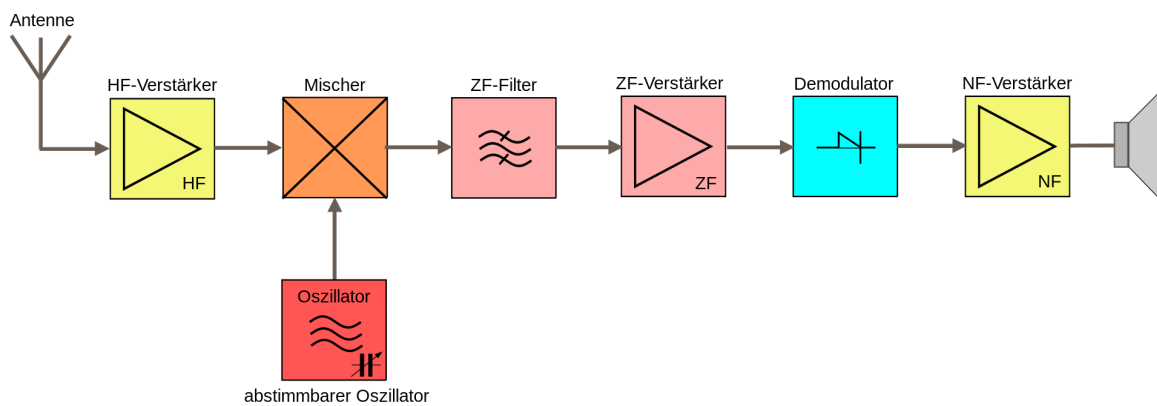


Abbildung 9: Blockschaftbild Überlagerungsempfänger [6]

Prüfungsfrage 38

Was verstehen Sie unter Spiegelfrequenz und Zwischenfrequenz?

Spiegelfrequenz f_{SP} :

- Entsteht im Überlagerungsempfänger durch Mischung der Empfangsfrequenz f_E mit der Oszillatorfrequenz f_{OSZ}
- Lösung 1: nur Summe erwünscht \subset Filterung f_{in1} am Eingang (Bandpass)
- Lösung 2: nur Differenz erwünscht \subset Filterung f_{in2} am Eingang (Bandpass)

Zwischenfrequenz f_{ZF} :

- Entsteht im Überlagerungsempfänger durch Mischung der Empfangsfrequenz f_E mit der Oszillatorfrequenz f_{OSZ}

(Erklärung:)

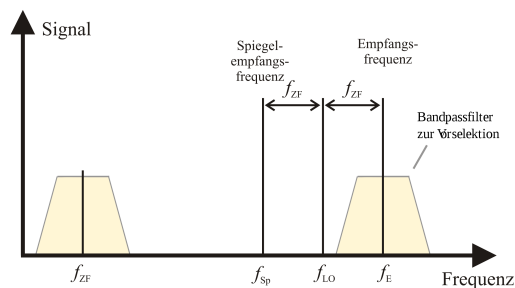


Abbildung 10: f_{SP} und f_{ZF} im Frequenzbereich [7], Bandpassfilterung ist gelb markiert

$$f_{in1,2} = f_{OSZ} \pm f_{ZF} \quad (17)$$

Prüfungsfrage 39

Erklären Sie die Kenngrößen eines Empfängers - Empfindlichkeit, intermodulationsfreier Bereich, Eigenrauschen.

Kenngrößen:

- Empfindlichkeit:
 - Fähigkeit eines Empfängers ein kleinstes Signal mit einem Signal-to-Noise-Ratio 10dB zu empfangen
- Intermodulationsfreier Bereich:
 - Bereich zwischen den zwei größten (gleich starken) Signalen die ein Empfänger verkraften kann ohne zu übersteuern
 - Typischerweise 90dB
- Eigenrauschen:
 - Eingangspegel unter dem normal kein Empfang möglich ist (=Ursache ist Mischer)

Prüfungsfrage 40

Erklären Sie den Begriff des Rauschens - Auswirkungen auf den Empfang.

Begriff:

- Unregelmäßige Elektronenbewegung verursachen in jedem Bauteil Rauschen
- Alle Rauschquellen zusammen ergeben das Eigenrauschen

Auswirkung:

- Ausgangssignal kann verzerrt werden
- Die Information kann nicht mehr rekonstruierbar sein
- Hilfe durch zB: Verwendung rauscharmer Bauteile, Kühlung

Prüfungsfrage 41

Mischer in Empfängern - Funktionsweise und mögliche technische Probleme.

Funktionsweise:

- Mischt Empfangsfrequenz f_E mit einem im Gerät befindlichen Oszillator f_{Osz}
- Nur Summe/Differenz der beiden Frequenzen gewünscht am Ausgang, aber beide sind präsent

Mögliche technische Probleme:

- Spiegelfrequenz f_{SP} muss am Eingang gefiltert werden (=sonst wird die Spiegelfrequenz empfangen)
- Bandpassfilter (f_{in1} oder f_{in2}) vor dem Mischer mit $f_{in1,2} = f_{Osz} \pm f_{ZF}$

Prüfungsfrage 42

Nichtlineare Verzerrungen - Ursachen und Auswirkungen.

Ursachen:

- Intermodulation an Verstärkern mit nichtlinearen Kennlinien
- Kennlinien von Verstärkerschaltungen (zB einfacher NPN-Transistor) sind nichtlinear
- Das NF-Signal enthält Oberwellen die das Signal härter/höher/lauter klingen lassen
- Kann man nicht mit Gleichungen 1. Grades bestimmen

Auswirkungen:

- Führen zu Verzerrungsprodukten die im Eingangssignal nicht vorhanden sind
- Intermodulationsprodukte 3., 5., 7. Ordnung

(Lösung: Gegenkopplung)

Prüfungsfrage 43

Empfängerstörstrahlung - Ursachen und Auswirkungen.

Ursachen:

- Schlechte Entkopplung vom Antenneneingang
- Leistung auf der Antenne
- Entkopplung des Oszillatorsignals gestört

Auswirkungen:

- Oszillatorleistung strahlt auf die Antenne ab

Prüfungsfrage 44

Mikrofonarten - Wirkungsweise.

Mikrofonarten:

- Kohlemikrofon:
 - Membran presst eine Schicht aus Kohlekörnchen zusammen
 - Sprechen \subset Druckänderung
 - Widerstand der Kohleschicht ändert sich
- Kondensatormikrofon:
 - Elektrisch-leitfähige Membran isoliert
 - Dicht vor einer Metallplatte (=Plattenkondensator)
 - Schall verändert Kapazität \subset Potentialschwankungen zwischen Platten
- Elektretmikrofon:
 - Wie Kondensatormikrofon, aber Potentialunterschied in einer Kunststoffolie (=Elektret) "eingefroren"
 - Impedanzwandler am Kopf (=störungsverhindernd)
- Kristallmikrofon:
 - Membran mit Kristalle verbunden (=Piezo-Effekt)

Prüfungsfrage 45

Prinzip, Arten und Kenngrößen der Einseitenbandmodulation.

Prinzip:

- Sprache wird moduliert
- Spektrum- und Energieeffizient
- 2 Seitenbänder: Lower Side Band (LSB), Upper Side Band (USB)

Arten:

- Filtermethode:
 - Unterdrücken der Trägerfrequenz
 - Schmalband Bandpassfilter mit hoher Güte (Quarzfilter mit starrer f)
- Phasenmethode: zwei symmetrische Mischer die um 90° Phasenverschoben sind
- Software-Defined-Radio: Moderne Funkgeräte verwenden Hilbert-Transformation

Kenngrößen:

- Spitzenausgangsleistung
- Unterdrückung des Trägers bzw. unerwünschtes Seitenbandes

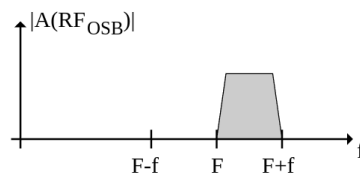


Abbildung 11: SSB-Erzeugung [8]

Prüfungsfrage 46

Prinzip, Arten und Kenngrößen der Pulsmodulation.

Prinzip:

- Information als Impulse (=Dauer, Amplitude, Frequenz, Lage) über dem 70cm Band

Arten:

- Pulsdauermodulation (PDM): Dauer verändert sich
- Pulsamplitudenmodulation (PAM): Amplitude verändert sich
- Pulsfrequenzmodulation (PFM): Frequenz ändert sich
- Puls-Code-Modulation (PCM): Zeit und Wertkontinuierliches Signal analog \rightarrow Zeit und Wertkontinuierliches Signal digital

Kenngrößen:

- Pulsdauer, -amplitude, -frequenzhub, -phasen, -codierung

Prüfungsfrage 47

Erklären Sie die wichtigsten Anwendungen der digitalen Modulationsverfahren.

Anwendungen:

- Frequenzumtastung:
 - Frequenzmodulation, unempfindlich gegenüber Störungen
 - Träger wird zwischen zwei fix definierten Frequenzen f_{LO} , f_{HI} hin- und hergetastet
 - zB: RTTY, Packet Radio
- Phasenumtastung:
 - Phasenmodulation, kleines Spektrum, unempfindlich gegenüber Störungen
 - Träger um 45° , 90° oder 180° Grad in der Phase verschoben (2, 4 mögliche Zustände)
 - zB: Datenübertragung
- Quadratur-Amplituden-Modulation:
 - Amplituden- und Phasenmodulation, kombiniert
 - Mehr Informationsübertragung pro HF-Schwingung
 - 2 Trägerfrequenzen ($f_1 = f_2$) um 90° verschoben (=quadratur)
 - Addieren $f_1 + f_2$
 - Empfänger kann sie einfach subtrahieren wegen quadratur-Eigenschaft

(Digitale Modulationsverfahren \subset 0/1 muss moduliert werden)

Prüfungsfrage 48

Erklären Sie die Begriffe CRC und FEC.

CRC (“Cyclic Redundancy Check”)

- Redundante Informationen mitsenden
- Empfänger errechnet sie neu und vergleicht (=XOR Summe)
- Fehlerhafte Prüfsumme \subset fehlerhafte Übertragung

FEC (“Forward Error Correction”)

- Redundante Informationen mitsenden
- Empfänger errechnet sie neu und vergleicht
- Ermöglicht Korrektur beim Empfänger

(=Keine Authentifizierung, nur Erkennen unabsichtlicher Änderungen)

Prüfungsfrage 49

Prinzip und Kenngrößen der Frequenzmodulation.

Prinzip:

- Niederfrequentes Signal (=NF-Signal)
- Hochfrequenter Träger (=HF-Träger)
- Amplitude bleibt konstant
- Frequenz wird verändert
- Ausgangsleistung des Senders wird nicht verändert
- Modulationssignal verändert Grundfrequenz des Sende-Oszillators

Kenngrößen:

- Frequenzhub Δf_T :
 - Belegte Bandbreite
 - zB: 5 kHz
- Modulationsindex η :
 - Verursachte Veränderung der Trägerfrequenz
 - Höchste übertragende Nutzfrequenz f_S

$$\Delta f_T = f_{HI} - f_{LO} \text{ [kHz]} \quad (18)$$

$$\eta = \frac{\Delta f_T}{f_S} \quad (19)$$

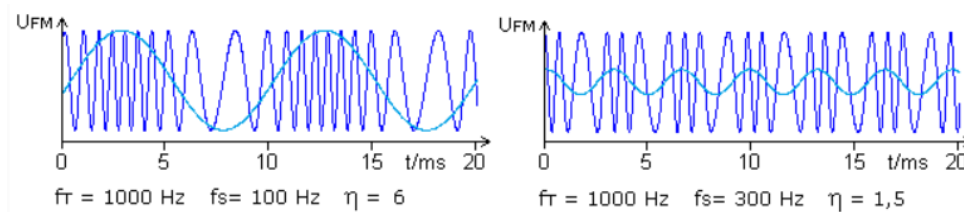


Abbildung 12: Frequenzmodulation [9]

Prüfungsfrage 50

Prinzip und Kenngrößen der Amplitudenmodulation.

Prinzip:

- Niederfrequentes Signal (=NF-Signal)
- Hochfrequenter Träger (=HF-Träger)
- Amplitude wird verändert

- Frequenz wird verändert
- Modulationssignal verändert die Ausgangsleistung des Senders (=Amplitude)
- Keine praktische Nutzung mehr, alles nur noch SSB (=bessere Nutzung von Leistung und Frequenz)

Kenngrößen:

- Modulationsgrad: 0 – 100%, aber auch > 100% möglich dann Verzerrung

Prüfungsfrage 51

Erklären Sie den Begriff Modulation (analoge und digitale Verfahren).

Begriff:

- Niederfrequentes Signal (=NF-Signal)
- Hochfrequenter Träger (=HF-Träger)
- Sprache (0.3 – 3 kHz) auf 8998.5 kHz Träger modulieren, SSB ist 8998.5 – 9001.5 kHz

Analoge Verfahren:

- Kontinuierlich (=nicht abzählbar)
- zB: Sprache, Musik

Digitale Verfahren:

- Diskret (=abzählbar)
- zB: Datenübertragung

Prüfungsfrage 52

Oszillatoren - Grundprinzip, Arten.

Grundprinzip:

- Erzeugt Wechselspannung für die Signalverarbeitung
- Frequenzbestimmendes Bauteil
(zB: Schwingkreis, Quarz und ein Verstärker mit Rückkopplung in Schwingkreis)

Arten:

- Clapp (hohe Frequenzen)
- Colpitts
 - Quartz mit hoher Güte und Temperaturstabilität
 - Konstanthalten der Temperatur des Quartzes (Eliminieren des Temperatureinflusses)
- Hartley (niedrigere Frequenzen als Clapp)
- Meißner (hoher Aufwand weil Transformator)
- Huth-Kühn

Prüfungsfrage 53

Erklären Sie den Begriff VCO.

Begriff:

- Spannungsgesteuerter Oszillator (“voltage controlled oscillator”)
- Frequenzbestimmendes LC-Glied
- Variable Gleichspannung U_{VCO} an Kapazitätsdiode
- $\uparrow U_e$ in an Kapazitätsdiode \subset Verändern der Kapazität \subset Schwingkreisveränderung

Anwendung:

- Modulation (FM/PM)
- PLL (“phase locked loop”)

Prüfungsfrage 54

Erklären Sie den Begriff PLL.

Begriff:

- Phasenverriegelte Schleife (“phase locked loop”)
- Konstante Referenzfrequenz erzeugt ein Vielfaches ohne mechanischen Veränderungen
- Ändern von Frequenzteiler ($\div N$)

Wirkungsweise:

- f_{REF} von Quarz-Oszillator
- VCO Ausgang über Frequenzteiler an Phasenvergleich
- Phasenvergleich-Ausgang steuert VCO-Kapazitätsdiode
- VCO liefert quarzstabiles Signal auf wesentlich höheren Frequenzen als mit Quarzen möglich

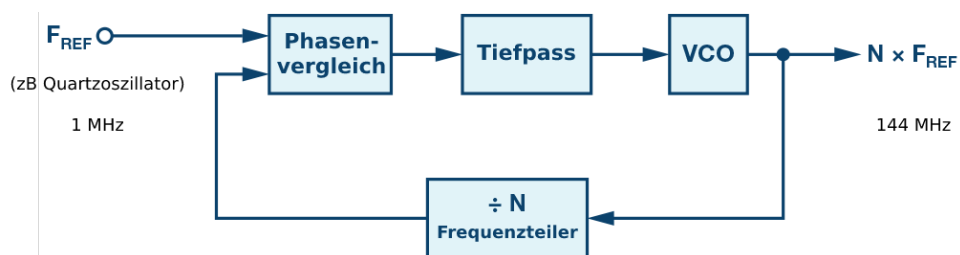


Abbildung 13: PLL (modifiziert von [10])

Prüfungsfrage 55

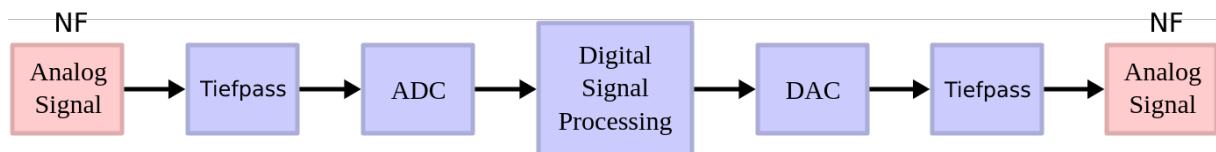
Erklären Sie den Begriff DSP.

Begriff:

- Digitale Signalverarbeitung (“digital signal processing”)
- Digitale Verarbeitung von analogen Signalen (=billig, schnell)
- Bestandteile:
 - Recheneinheit
 - Datenspeicher
 - Programmspeicher
 - I/O

(Wirkungsweise:)

- Tiefpass: Störungen vor der Abtastung minimieren
- ADC
- DSP: Digitale Funktion (=Demodulation, Filter, Rauschunterdrückung)
- DAC
- Tiefpass: Störungen aus DAC minimieren



Prüfungsfrage 56

Erklären Sie die Begriffe sampling, anti aliasing filter, ADC/DAC.

Sampling:

- Abtastung eines digitalen Signals mit einer bestimmten Frequenz auf Amplitudenwert
- Signal mit Frequenz f immer mindestens doppelt oft Abtasten $f_{\text{ADC}} \geq 2 \cdot f$ (=Shannon-Nyquist-Abtast-Theorem)

Anti-Aliasing-Filter:

- Signal $f > \frac{1}{2} f_{\text{ADC}}$ sind unerwünscht (=führen zu Aliasing¹)
- Lösung durch Tiefpass am Eingang der $f > \frac{1}{2} f_{\text{ADC}}$ unterdrückt

ADC/DAC:

- Analog-Digital-Konverter
- Digital-Analog-Konverter

¹Rekonstruiertes Signal ist anders als das abgetastete, konstruierte Signal

Prüfungsfrage 57

Merkmale, Komponenten, Baugruppen eines Senders.

Merkmale:

- Leistung
- Frequenz

Komponenten:

- Mikrofon (=Schallwandlung)
- HF-Träger (=Erzeugung)
- Modulator
- Leistungsverstärker
- Antennentuner (=Leistungsanpassung)
- Antenne (=Abstrahlung EM-Welle)

Baugruppen:

- Oszillator
- Pufferstufe
- Frequenzvervielfacher
- Treiber
- Endstufe
- Modulator

Prüfungsfrage 58

Zweck von Puffer- und Vervielfacherstufen, Aufbau.

Pufferstufe:

- Entkoppelt Oszillator von den nachfolgenden Stufen (=meist schwach gekoppelter Verstärker)
- Aufbau: Operationsverstärker mit negativer Rückkopplung (=Verstärkungsfaktor 1)

Vervielfacherstufe:

- Filtert/unterdrückt mittels Resonanzschwingkreis, abgestimmt auf zB: 7 MHz
- Unterdrückt Oberwelle

Prüfungsfrage 59

Aufbau einer Senderendstufe, Leistungsauskopplung.

Aufbau:

- (Vorstufe)
- Eingangsanpassung
- Verstärker (=Sendeausgangsleistung)
- Ausgangsanpassung (=Leistungsentkopplung, Impedanzanpassung)
- Tiefpass (=Oberwellenunterdrückung)
- Antennenzuleitung

Leistungsentkopplung:

- Anpassung der HF-Widerstände der Verstärker auf Widerstand Senderschnittstelle

Prüfungsfrage 60

Anpassung eines Senderausganges an eine symmetrische oder unsymmetrische Antennenspeiseleitung.

Anpassung symmetrisch:

- Optimal:
 - Senderschnittstelle und Antennenspeiseleitung stimmen überein
 - Wellenwiderstand Symmetrieeigenschaften
- Lösung: Balun & Antennentuner

Anpassung unsymmetrisch:

- Anpassen:
 - Transformieren des Wellenwiderstands (=reale Antennenspeiseleitung)
- Senderschnittstelle und Antennenspeiseleitung stimmen *nicht* überein:
 - Symmetrieren (=Anpassen an Antennenspeiseleitung)
- Lösung: Balun & Antennentuner

Prüfungsfrage 61

Der Antennentuner, Wirkungsweise, 2 typische Beispiele.

Wirkungsweise:

- Anpassen der Impedanz (=Wellenwiderstand) zwischen HF-Quelle und Verbraucher (=Antenne)
- Verbessert Sende- und Empfangseigenschaften
- Resonanzabstimmung der Antenne
- Verändern der elektrischen Länge der Antenne ohne Änderung der mechanischen Länge

Beispiele:

- Symmetrische Impedanz (=Bandkabel)
- Asymmetrische Impedanz (=Koaxialkabel)
- Tuner sitzt optimalerweise unmittelbar an der Antennenschnittstelle

Prüfungsfrage 62

Antennenzuleitungen - Aufbau, Kenngrößen.

Aufbau:

- Symmetrisch (=Bandkabel)
- Asymmetrisch (=Koaxialkabel):
 - Hohlleiter für HF-Energie im GHz-Bereich
 - Verlustarmer Transport, "skin effect", Durchmesser im Zusammenhang mit Wellenlänge λ

Kenngrößen:

- Impedanz (=Wellenwiderstand)
- Dämpfung (Abhängig von f , Länge)
- Verkürzungsfaktor v
- Belastbarkeit
- Kleinster Krümmungsradius (5 – 10x Kabeldurchmesser)
- Mechanische Belastbarkeit

Prüfungsfrage 63

Erklären Sie den Begriff Balun - Aufbau, Verwendung und Wirkungsweise.

Begriff:

- Kunstwort (“BALanced to UNbalanced”)
- Wandlung zwischen symmetrischer und asymmetrischer Leitung ohne Impedanzwandlung

Aufbau:

- Drähte um einen Eisenkern mit n Windungen (=billig)
- zB: Ruthroff 1:1 Balun mit 3 Drähten und 16 Windungen für 100W Symmetrierung [11]

Verwendung:

- Keine Symmetrierung \subset Mantelwellen am Koaxialkabel
(=Abstrahlung/Empfang von Störungen durch die Leitung selbst!)
- Koaxialkabel strahlt dann selbst und wirkt wie eine Antenne, keine Schirmung mehr

Wirkungsweise:

- Lässt Gegentaktströme ungehindert durch
(=Beitraggleich, Entgegengesetzt gerichtet, magnetisches Feld hebt sich idealerweise auf)
- Reduziert Gleichtaktströme mit möglichst hohem Widerstand

Prüfungsfrage 64

Der Dipol - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Antenne aus zwei gleich langen Leiterhälften
- Manchmal auch “inverted vee” mit $\lambda/4$

Kenngrößen:

- Resonanzfrequenz (=wirkungsvolle Energieabstrahlung)
- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad)
- Vertikaler- und horizontaler Öffnungswinkel:
 - 3 dB Winkel
 - Winkelbereich in dem noch min. 50% max. Leistung abgestrahlt wird
- Polarisierung:
 - Vertikal (EM-Feld parallel zur Erdoberfläche)
 - Horizontal (EM-Feld mit Oberflächenbezugspunkt)
- Bandbreite (=Frequenzbereich)

Eigenschaften:

- Strahlungscharakteristik, Dipol als Form ∞ um 90° verschoben zur Antenne (Maximum)

Prüfungsfrage 65

Die Vertikalantenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Senkrecht zur Erdoberfläche angeordnete Antennen (wie in einem Mobilfunkgerät)
- Mobil: Peitschenantennen auf Autos
- Häufig: Viertelwellenstrahler $\lambda/4$ weit verbreitet, die Radials (=“Groundplane”) ist ein Koaxialkabel

Kenngrößen:

- Resonanzfrequenz (=wirkungsvolle Energieabstrahlung)
- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad)
- Vertikaler Öffnungswinkel:
 - 3 dB Winkel
 - Winkelbereich in dem noch min. 50% max. Leistung abgestrahlt wird
- Bandbreite (=Frequenzbereich)

Eigenschaften:

- Führen zu vertikaler Polarisation

Prüfungsfrage 66

Gekoppelte Antennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Mehrere Dipole über Koppelleitungen verbunden
- Alle Dipole haben die gleiche Abstrahlphase

Kenngrößen:

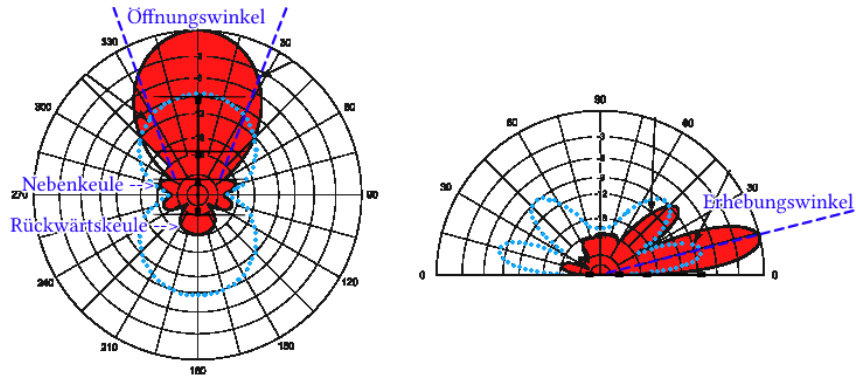
- Resonanzfrequenz (=wirkungsvolle Energieabstrahlung)
- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad):
 - +3dB (=Verdoppelung) mit jeder Verdopplung der Dipolanzahl
 - Reflektor hinter der Antenne ist noch besser
- Vertikaler- und horizontaler Öffnungswinkel:
 - Winkelbereich in dem noch min. 50% max. Leistung abgestrahlt wird
- Rückwärts- und Seitwärtsdämpfung
- Nebenkeulendämpfung: EM-Strahlung die nicht in die gewollte Richtung abgestrahlt wird

Eigenschaften:

- Sehr leistungsfähige Gruppenantenne mit ausgeprägter Richtwirkung

Prüfungsfrage 67

Strahlungsdiagramm einer Antenne.



Horizontaldiagramm

- Bezugsfläche: Erdoberfläche
- Horizontaler Öffnungswinkel (3dB Winkel)²

Vertikaldiagramm

- Bezugsfläche: Senkrecht zur Erdoberfläche
- Vertikaler Abstrahlwinkel
- Haupt- und Nebenkeulen
- Vor-Rückwärts-Verhältnis

(Zeigt die räumliche Verteilung (=Richtcharakteristik) des abgestrahlten Feldes um die Antenne (=Energiedichteverteilung))

²Mindestens 50% der max. Leistung wird abgestrahlt

Prüfungsfrage 68

Die Yagi-Antenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Aktiv gespeister, resonanter (f_{res} ist Betriebsfrequenz) Halbwellendipol
- Durch zwei oder mehrere Halbwellenstrahler ergänzt

Kenngrößen:

- Resonanzfrequenz (=wirkungsvolle Energieabstrahlung)
- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad)
 - +3dB (=Verdoppelung) mit jeder Verdopplung der Dipolanzahl
 - Reflektor hinter der Antenne ist noch besser
- Vertikaler Erhebungs-/Abstrahlwinkel
- Horizontaler Öffnungswinkel:
 - 3 dB Winkel
 - Winkelbereich in dem noch min. 50% max. Leistung abgestrahlt wird
- Rückwärts- und Seitwärtsdämpfung
- Nebenkeulendämpfung: EM-Strahlung die nicht in die gewollte Richtung abgestrahlt wird

Eigenschaften:

- Wirkt nur in eine Richtung
- Dämpfung in Richtung des Reflektors (=Rückdämpfung), Verstärkung in Richtung der Direktoren bis ca. 18dB (\approx Faktor 50)

Prüfungsfrage 69

Breitbandantennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Antenne vor Reflektorwand, zB: Parabolantenne
- Spezielle Formen: Reusenförmig, Wendelförmig

Kenngrößen:

- Fußpunktwidestand (=Anschlusswidestand)
- Bandbreite

Eigenschaften:

- Dicke Antennenelemente
- Bedampfung (=Verluste zugunsten Breitbandigkeit)
- Aufwändige Formen (=logarithmisch-periodische Antennen), Reusenförmig, Wendelförmig

Prüfungsfrage 70

Die Parabolantenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Hinter einem Strahler wird eine parabolförmige Reflektorwand angebracht
- Strahler ist im Brennpunkt des Parabols

Kenngrößen:

- Resonanzfrequenz (=wirkungsvolle Energieabstrahlung)
- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad)
- Öffnungswinkel der Hauptkeule:
 - +3dB Winkel
 - Winkelbereich in dem noch min. 50% max. Leistung abgestrahlt wird
- Rückdämpfung
- Nebenkeulen und Flächenwirkungsgrad

Eigenschaften:

- Ausgeprägte Richtwirkung
- Gewinne deutlich über 30dB (\approx Faktor 1000) bei ausgeprägter Rückwärtsdämpfung

Prüfungsfrage 71

Erklären Sie den Begriff Wellenwiderstand.

Begriff:

- Induktivität $R + X_L$ oder $R + X_C$
(=Abschließen sonst Verluste)
- Charakteristische Kenngröße für HF-Schnittstellen und Leitungen

Prüfungsfrage 72

Stehwellen und Wanderwellen, Ursachen und Auswirkungen.

Stehwellen:

- Ursache:
 - Fehlanpassung Impedanz
- Auswirkungen:
 - Teil der Leistung wird an der Schnittstelle reflektiert
(=Vor- und Rücklaufende Welle, zB Poolwand und Wasserwelle)
 - Überlastung der Endstufe und zusätzlicher Leistungsverlust

Wanderwellen:

- Ursache:
 - Impedanzrichtig abgeschlossene Schnittstelle
- Auswirkungen:
 - Leistungstransport erfolgt nur in eine Richtung (gewünscht)

Prüfungsfrage 73

Strahlungsfeld einer Antenne, Gefahren.

Strahlungsfeld:

- Kontinuierliches Spektrum von elektromagnetischen Wellen

Gefahren:

- Erzeugung von elektrischen Feldern und Strömen
- Erzeugung von magnetischen Feldern
- Erwärmung von Gewebe

Prüfungsfrage 74

Aufbau und Kenngrößen eines Koaxialkabels.

Aufbau:

- Zentraler Innenleiter aus Kupfer
- Dielektrikum aus Kunststoff/Teflon/etc.
- Außenleiter aus Kupfergeflecht/Kupferfolie
- Kunststoffisolation als Schutz nach Außen

Kenngrößen:

- Dämpfung (in dB/100m, Frequenzabhängig)
- Schirmungsfaktor
- Spannungsfestigkeit
(=Überschlag von Lichtbögen zwischen zwei Punkten bis zu bestimmter Spannung)
- Leistungsbelastbarkeit
- Kleinster zulässiger Biegeradius (5 – 10x Durchmesser)

Prüfungsfrage 75

Erklären Sie den Begriff Dezibel am Beispiel der Anwendung in der Antennentechnik.

Begriff:

- Hilfsmaß für \log_{10} -Verhältnis
- Leistung

$$\text{Leistung: dBm [1]} = 10 \cdot \log_{10}(\text{Faktor}) \quad (20)$$

Wert	Leistung	Dämpfung (-dB)
3dB	2-fach	1/2-fach
6dB	4-fach	1/4-fach
10dB	10-fach	1/10-fach
13dB	20-fach	1/20-fach
16dB	40-fach	1/40-fach
20dB	100-fach	1/100-fach

Prüfungsfrage 76

Was versteht man unter Richtantennen, Anwendungsmöglichkeiten.

Begriff:

- Antenne mit Vorzugsrichtungen im Antennendiagramm
- zB: Yagi-Antenne, Wendel-Antenne, Parabolantenne

Anwendungsmöglichkeiten:

- Sendeleistung in diese Vorzugsrichtung Bündeln
- Hoher Gewinn, zB: Yagi bis ca. 18dB, Parabol bis ca. 30dB
- Ausblenden unerwünschter Signale und Störungen anderer Richtungen

Prüfungsfrage 77

Welche Kenngrößen von Antennen kennen Sie und wie können sie gemessen werden?

Kenngröße	Messgerät
Resonanzfrequenz	Dipmeter
Fußpunktwiderstand	Impedanzmessbrücke
Gewinn, Abstrahlwinkel, Strahlungsdiagramm	Messsender, Pegelmessgerät und Referenzantenne
Vor-Rückwärts-Verhältnis ³	Strahlungsdiagramm
Bandbreite	SWR-Meter
Max. zulässige Leistung	Stärke und Material der verwendeten Leiter und Anpassungselemente

Prüfungsfrage 78

Dimensionieren Sie einen Halbwellendipol für $f = 3.6 \text{ MHz}$; $v = 0.97$ (Werte sind variabel).

Dimensionierung:

- Verkürzungsfaktor v hängt von der Drahtstärke und Isolierstärke ab

$$\lambda/2 = \frac{v \cdot 300 \cdot 10^6 \text{ [m/s]}}{2 \cdot f \text{ [Hz]}} \text{ [m]} \quad (21)$$

(Lösung:)

$$\lambda/2 = \frac{0.97 \cdot 300 \cdot 10^6}{2 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 40.41 \text{ [m]}$$

³Richtantennen strahlen nach vorne (=gewünschte Richtung) und gering nach hinten

Prüfungsfrage 79

Bestimmen Sie die effektive Strahlungsleistung bei folgenden Gegebenheiten: Senderleistung: 200 Watt; Dämpfung der Antennenleitung: 6 dB/100 m; Kabellänge : 50 m; Gewinn: 10 dB (Werte sind variabel).

$$\text{ERP [W]} = \text{Senderleistung [W]} \cdot \underbrace{\left(\text{Dämpfung [dB]} \cdot \frac{\text{Kabellänge [m]}}{100} \right)}_{\text{dB in 1}} \cdot \text{Gewinn [1]} \quad (22)$$

(Lösung)

$$\text{ERP} = 200 \text{ [W]} \cdot \underbrace{\left(6 \text{ [dB]} \cdot \frac{50}{100} \right)}_{3 \text{ dB} = 1/2} \cdot 10 \text{ [1]} = 1000 \text{ [W]}$$

Prüfungsfrage 80

Bestimmen Sie die effektive Strahlungsleistung bei folgenden Gegebenheiten: Senderleistung: 100 Watt; Dämpfung der Antennenleitung: 12 dB/100 m; Kabellänge: 25 m; Rundstrahlantenne mit einem Gesamtwirkungsgrad von 50% (Werte sind variabel)

$$\text{ERP [W]} = \text{Senderleistung [W]} \cdot \underbrace{\left(\text{Dämpfung [dB]} \cdot \frac{\text{Kabellänge [m]}}{100} \right)}_{\text{dB in 1}} \cdot \text{Wirkungsgrad [\%]} \quad (23)$$

(Lösung)

$$\text{ERP} = 100 \text{ [W]} \cdot \underbrace{\left(12 \text{ [dB]} \cdot \frac{25}{100} \right)}_{6 \text{ dB} = 1/4} \cdot 0.5 \text{ [1]} = 25 \text{ [W]}$$

Prüfungsfrage 81

Langdrahtantennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften.

Aufbau:

- Lineare Antennen
- Länger als Wellenlänge λ

Kenngrößen:

- Gewinn (=Richtwirkung und Wirkungsgrad)
- Vorzugsrichtung

Eigenschaften:

- Gewinn steigt (gegenüber $\lambda/2$ -Wellendipol)
- Vorzugsrichtung

Prüfungsfrage 82

Zweck von Radials / Erdnetz bei Vertikalantennen - Dimensionierung

Zweck:

- Ersetzen eine fehlende Dipolhälfte durch Spiegelung an einer möglichst gut leitenden Fläche
zB: Salzwasser, Erdboden
- Besonders flacher Abstrahlwinkel

Dimensionierung:

- Eingraben von sternförmig-verlegter Drähte die im Zentrum verbunden sind
($=\lambda/4$ -Wellenstrahler in der Erde)
- Zusammenschluss an einem Pol der Speiseleitung
- Anderer Pol ist einer vertikalen $\lambda/4$ -Wellenstrahler angeschlossen
- Möglichst Betrieb in Resonanz

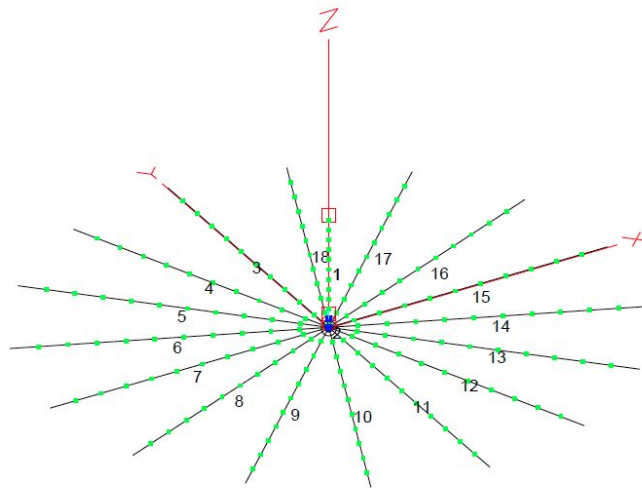


Abbildung 14: Vertikalantenne mit 16 Radials [12]

Prüfungsfrage 83

Blitzschutz für Antennenanlagen.

Begriff:

- Standrohr von Außenantennen (und Antennenkabel) müssen über Blitzschutz verfügen bzw. geerdet werden
- Betriebserde für Geräte: Erdung eines Betriebsstromkreises
- Potentialruhe einer Schaltung, verhindern Störeinstrahlung aus fremden Anlagen
- Schutz Erde für Blitzschutz

Prüfungsfrage 84

Sicherheitsabstände bei Antennen.

Begriff:

- Mehrere Antennen auf einem Dach dürfen sich nicht gegenseitig behindern
- Elektrische- und mechanische Sicherheit muss gewährleistet sein (=auch wenn nur Empfangen wird)
- Blitzschutz über Antennenstandrohe, mit Blitzschutz verbunden

Prüfungsfrage 85

Erklären Sie den Begriff "elektromagnetisches Feld" - Kenngrößen.

Begriff:

- Abstrahlen von HF-Wellen bildet immer ein elektromagnetisches Feld aus
- Elektromagnetische Welle aus gekoppelten elektrischen und magnetischen Feldern (=Maxwell Gleichungen)
- Setzt sich zusammen aus dem elektrischen- und magnetischen Feld (=die über die Maxwell-Gleichung verknüpft)

Kenngrößen:

- Feldstärke \vec{E} [V/m]
- Polarisierung
- Wellenlänge λ [Hz]
- Ausbreitungsrichtung
- Magnetische Feldstärke \vec{H}
- Magnetische Flussdichte \vec{B}

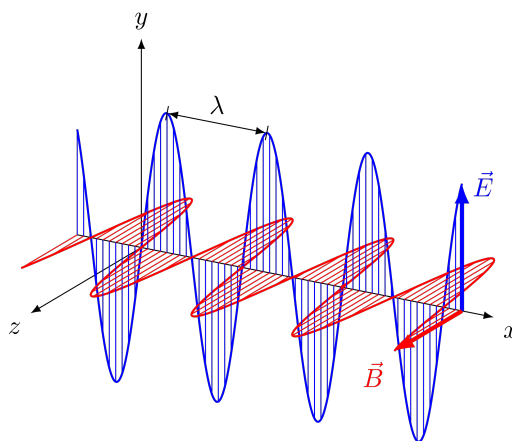


Abbildung 15: Elektromagnetische Welle [13]

Prüfungsfrage 86

Begriff elektrisches und magnetisches Feld; Abschirmmaßnahmen für das elektrische bzw. das magnetische Feld?

Elektrisches Feld:

- Hervorgerufen durch zeitliche Änderungen magnetischer Felder, Elektrische Feldstärke \vec{E} [V/m]
- Zwischen den Platten eines Kondensators
- Abschirmung via Faraday'schem Käfig

Magnetisches Feld:

- Hervorgerufen durch einen stromdurchflossenen Leiter
- Magnetische Feldstärke \vec{H} [A/m]
- Abschirmung via ferromagnetische Stoffe

Prüfungsfrage 87

Erklären Sie den Begriff "EMV" und dessen Bedeutung im Amateurfunk.

Begriff:

- Elektromagnetische Verträglichkeit ("EMV")
- Verhalten eines elektrischen Geräts gegenüber elektromagnetischen Feldern

Bedeutung:

- Störungen beeinflussen Kommunikationsanlagen
- Bestimmungsgemäße Funktion beeinträchtigt, zB: Herzschrittmacher bei MRT
- Abhilfe via Netzfilter, Kondensator-Drossel-Filter

(Grundlage ist elektromagnetische Inferenz, dank EMV sollte EMI keine Störeffekte hervorrufen)

Prüfungsfrage 88

Erklären Sie den Begriff "EMVU" und dessen Bedeutung im Amateurfunk.

Begriff:

- Elektromagnetische Umweltverträglichkeit ("EMVU")
- Verhalten biologischen Gewebes gegenüber EM-Feldern, elektrischen- und magnetischen Feldern

Verhalten:

- Biologisches Gewebe erwärmt sich
zB: Mikrowelle
- Resonanzeffekte möglich
zB: bildgebende Diagnostik, CT

Prüfungsfrage 89

Erklären Sie den Begriff "Trap" - Aufbau, Wirkungsweise.

Begriff:

- Falle für Mehrbandantenne (Dipol, etc.)
- Verlängern/Verkürzen der Antennen für bestimmte Frequenz

Aufbau:

- Dipol mit zwei Traps
- Verlängert einen Dipol mit je einer Trap (2x)

Wirkungsweise:

- Sperrkreis um unerwünschte Frequenzen zu unterdrücken
- zB: 7 MHz-Trap für 80m/40m-Band, ca. 34m lang

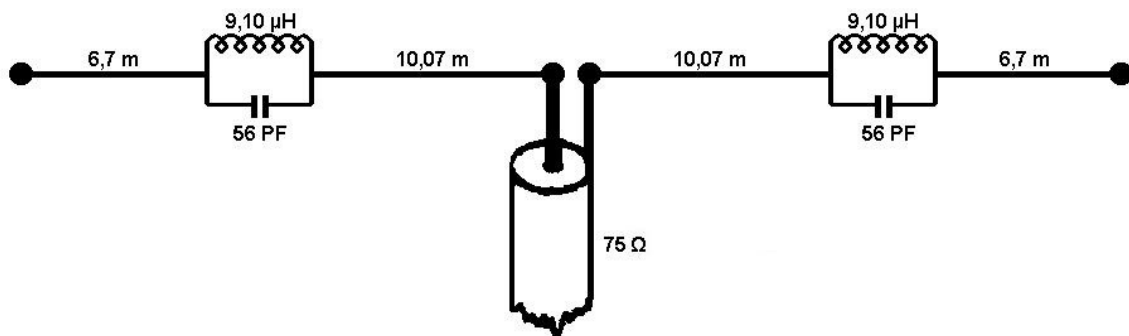


Abbildung 16: W3DZZ-Antenne (Dipol) [14]

Prüfungsfrage 90

Was versteht man unter einem Hohlraumresonator, Anwendung.

Begriff:

- Rechteckiger (oder runder) Hohlzylinder mit geeigneter HF-Ankopplung
- Durch die physischen Abmessungen ergibt sich Resonanz im GHz Bereich
- Anpassen der Resonanzfrequenz mittels Schrauben die in den Hohlraum hineinragen

Anwendung:

- Schwingkreis (geringer Verlust, hoher Gütefaktor)
- Filter
- zB: Mikrowelle

Prüfungsfrage 91

Funkentstörmaßnahmen im Bereich Stromversorgung der Amateurfunkstelle

Maßnahmen:

- Kondensator-Drossel-Filter (\leftrightarrow):
 - Überlagende Signale des Stromnetzes entstoren via Kondensator
 - zB: Powerline
- Netzfilter (\leftrightarrow):
 - Verhindert Abfließen von HF in das Stromnetz
 - zB: verdrosseln, abblockend

Prüfungsfrage 92

Funkentstörmaßnahmen bei Beeinflussung durch hochfrequente Ströme und Felder.

Maßnahmen Störstrom:

- Gegen Eindringen von Hochfrequenz schützen (=Schutz gegen harmonische Netzoberwellen)
- Netzdrossel zwischen Versorgungsnetz und Umrichter zur Glättung von Stromspitzen (=Entstehen durch Stromaufnahme des Umrichters)
- Ringkerndrossel, zwischenspeichern von Energie in Magnetfeld (=Spule zur Begrenzung von Strömen)

Maßnahmen bei Störfeld:

- Verhindern von Ober- und Nebenwellen im erzeugten Sendesignal
- Störungen benachbarter Funkdienste oder Rundfunkempfänger (=Einstrahlung)
- Korrekter Aufbau der Sendestufe, Hochpass-/Tiefpassfilter Entkopplung

Prüfungsfrage 93

Was sind Tastklicks, wie werden sie vermieden?

Begriff:

- Sendertastung des Morsesignals erfolgt ganz hart (=rechteckförmig, harmonisch)
- Unangenehme Tonqualität durch vergrößerte, belegte Bandbreite
- QRP... Sendeleistung verringern

Vermeiden:

- RC-Glieder können Tastung weicher gestalten (=Abflachung der Signalflanken)

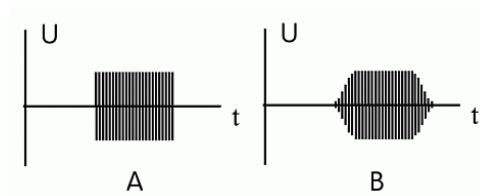


Abbildung 17: Tastklick hart (links) und weich (rechts) [15]

Prüfungsfrage 94

Erklären Sie die Begriffe: “Unerwünschte Aussendungen”, “Ausserbandaussendungen”, “Nebenaussendungen” (spurious emissions).

Unerwünschte Aussendungen:

- Schlechte Träger- und Seitenbandunterdrückung (SSB-Sender)
- Breitbandüberschreitung bei AM/FM-Sender (=Übermodulation)

Außerbandaussendungen:

- Oberwellen die nicht vorschriftsmäßig unterdrückt sind

Nebenaussendungen:

- Sendesignal wird durch einen Mischvorgang gebildet
- Das unerwünschte Mischprodukt f_{SP} wird nicht korrekt herausgefiltert
- Selbsterregung einer Verstärkerstufe im Sender

Prüfungsfrage 95

Erklären Sie den Begriff: “Splatter” - Ursachen und Auswirkungen.

Begriff:

- Störungen bei SSB- oder AM-Modulierung

Ursachen:

- Nicht-lineare Kennlinien bei der Signalverarbeitung
zB: Verstärker
- Übersteuerung der Endstufe
- Übermodulation (AM/SSB)

Auswirkungen:

- Unmäßige, groß belegte Bandbreite des Signals
- Schlechte Verständlichkeit durch Intermodulation
- Mischung einer übersteuerten/nicht-linear betriebenen Verstärkerstufe

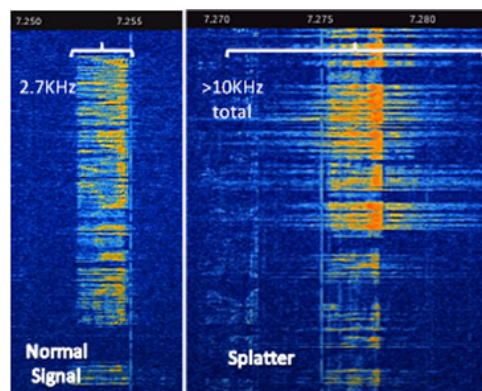


Abbildung 18: Splatter [16]

Prüfungsfrage 96

Erklären sie den Begriff "schädliche Störungen".

Begriff:

- Verkehr eines Funkdienstes nach VO-Funk ernstlich beeinträchtigt/behindert
- Außerbandaussendungen: Oberwellen die nicht vorschriftsmäßig unterdrückt sind
- Splattern: Übersteuern der Endstufe

Prüfungsfrage 97

Prinzipieller Aufbau einer Relaisfunkstelle und einer Bakenfunkstelle.

Aufbau Relaisfunkstelle:

- Antennenweiche: Zusammenführen / Aufteilen der Rx & Tx Frequenz (=übertragen auf 1 Kabel)
- Senderauftastung mit Squelch⁴

(Wirkungsweise Relaisfunkstelle: Empfangssignal moduliert den Sender unverzögert, Tx und Rx auf verschiedenen Frequenzen an einer gemeinsamen Antenne im selben Band)

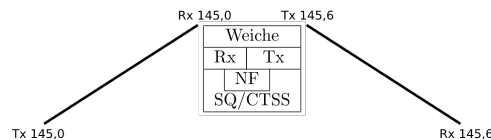


Abbildung 19: Relais

Aufbau Bakenfunkstelle:

- Aussenden von Informationen zur Erforschung der Funkwellenausbreitung
- Eine bestimmte Frequenz

Prüfungsfrage 98

Definieren Sie den Begriff "Senderleistung".

Eingangsleistung:

- Der Antennenspeiseleitung zugeführte Leistung von der Senderendstufe
- Einheit [mW] bzw. [dBm]
- vgl: Diesel zu KfZ-Motor

Ausgangsleistung:

- Nutzleistung die aus der Anlage angekoppelt wird
- vgl: Drehleistung eines KfZ-Motors

Strahlungsleistung:

- Relativ zu einer Bezugsantenne
- zB: ERP (c.f. Frage 79 auf Seite 38), EIRP, EMRP
- vgl: Kühlung eines KfZ-Motors

⁴Rauschunterdrückung bei Fehlen eines starken Eingangssignals

Prüfungsfrage 99

Definieren Sie den Begriff "Spitzenleistung".

Begriff:

- Wirkleistung am Ausgang einer Sendeendstufe während einer Periode der HF-Schwingung
- Höchste Spitze der Modulationshüllkurve
- Überschreiten dieser Leistung führt zu Splattern

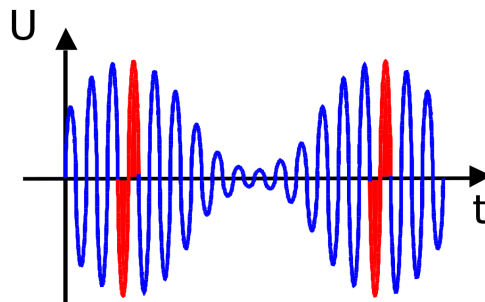


Abbildung 20: Modulationshüllkurve mit Modulationshüllkurve (Spitzenleistung in Rot) [17]

Prüfungsfrage 100

Definieren Sie den Begriff "belegte Bandbreite".

Begriff:

- Frequenzbereich den die Aussendung samt Träger und aller Seitenbänder in Anspruch nimmt

(Unerwünschte Effekte:)

- Splatter:
 - Störungen bei SSB/AM-Sendern die durch nichtlineare Kennlinien in der Signalverarbeitung verursacht werden
 - zB: Übersteuerung der Endstufe
- Intermodulation:
 - Mischung einer übersteuerten/nicht-linear betriebenen Verstärkerstufe
 - Summe und Differenz der entstehenden Oberwellen werden dem Ausgangsspektrum hinzugefügt
- Tastclicks:
 - Zu harte Tastung (=rechteckförmig) bei Morseaussendungen
 - Gleichrichten mit einem RC-Filter

Prüfungsfrage 101

Definieren Sie den Begriff "Interferenz in elektronischen Anlagen"; beschreiben Sie Ursachen und Gegenmassnahmen.

Begriff:

- Überlagerung einer gewünschten Aussendung mit einer ungewünschten Aussendung (=verursachen von schädlicher Störungen)

Ursachen:

- Aufbau/Konzept einer Empfangsanlage
- Endstufe einer Sendeanlage übersteuert (=Splattern)

Gegenmaßnahmen:

- Selektiver Eingangsfiler (EMI Filter)
- Hochwertige Filter im ZF-Bereich (=Zwischenfrequenz)

Prüfungsfrage 102

Erklären Sie die Begriffe "Blocking", "Intermodulation".

Blocking:

- Extrem starkes Fremdsignal übersteuert die Vorstufe
- Kein Empfang schwächerer Signale mehr möglich
- Fremdsignal ist abseits der Empfangsfrequenz

Intermodulation:

- Unbeabsichtigte Mischung in einer Empfängerstufe mit zwei oder mehreren Signalen
- Unerwünschte Mischprodukte die Signale vortäuschen die gar nicht existieren

Prüfungsfrage 103

Welche Gefahren bestehen für Personen durch den elektrischen Strom?

Gefahren:

- Ab $U_{\text{eff}} = 50\text{V}$ bereits gefährliche Ströme möglich
- zB: Verbrennungen, Herzflimmern, Herzstillstand

Prüfungsfrage 104

Was ist beim Betrieb von Hochspannung führenden Geräten zu beachten?

Beachten:

- Hochspannungskäfig mit Deckelschalter für alle Geräteteile
- Vor Entfernen des Deckels muss der Netzstecker gezogen werden
- Einige Minuten warten (=Entladen der Hochspannungskondensatoren)

Prüfungsfrage 105

Definieren Sie die Gefahren durch Gewitter für die Funkstation und das Bedienpersonal, beschreiben Sie Vorbeugemaßnahmen.

Gefahren:

- Antennen in Höhen, Blitz kann direkt einschlagen (=Primärblitzschlag)
- Primärblitzschlag kommt in 230V Leitung und induktive Spannungsspitzen beschädigen angeschlossene Geräte (=Sekundärblitzschlag)

Vorbeugemaßnahmen:

- Funkbetrieb einstellen
- Antennenkabel vom Gerät trennen und Erden
- Herannahen eines Gewitters \subset alle Antennen Erden
- Korrekter Blitzschutz

Dieser Katalog ist zu einem sehr großen Teil aus eigener Leistung zusammengestellt worden um ausreichend Wissen zu generieren für die Prüfung und das Verständnis zu fördern. Keinesfalls sollte diese Prüfungsunterlage als all-umfassend angesehen werden. Sie wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, Fehler bitte an martinweiseat@gmail.com melden.

Nachwort

Dieser Katalog ist zu einem sehr großen Teil aus eigener Leistung zusammengestellt worden um ausreichend Wissen zu generieren für die Prüfung und das Verständnis zu fördern. Keinesfalls sollte diese Prüfungsunterlage als all-umfassend angesehen werden. Sie wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt, Fehler bitte an martinweiseat@gmail.com melden.

Lizenz

Dieses Dokument ist unter CC BY 4.0 lizenziert. Sie dürfen damit das Werk vervielfältigen, verändern, verkaufen, etc. solange Sie die Autoren ordentlich kennzeichnen!

Dokumentenverlauf

17.11.2022 Erste Version nach erfolgreicher CEPT 1 Prüfung

Literatur

- [1] A. Nordmann, "Scheme of Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Scheme_of_metal_oxide_semiconductor_field-effect_transistor.svg, accessed 2022-11-07, 2006.
- [2] H. Reicke, "Grundlagen der Elektrotechnik - Die Elektronenröhre." <https://technik.reicke.de/egrundlagen3.php>, accessed 2022-11-13, 2022.
- [3] D. Mietke, "Spannungsvervielfachung mit Diodenschaltungen." <https://www.elektroniktutor.de/analogtechnik/vervielf.html>, accessed 2022-11-07, 2002.
- [4] "Fast Fourier Transformation FFT - Basics." <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-fourier-transform-fft>, accessed 2022-11-07, 2022.
- [5] D. Mietke, "Demodulation von AM-Signalen." https://www.elektroniktutor.de/signalkunde/am_demod.html, accessed 2022-11-07, 2002.
- [6] "Appaloosa", "Überlagerungsempfänger Blockschaltbild." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ueberlagerungsempf%C3%A4nger_blockschaltbild.svg, accessed 2022-11-07, 2008.
- [7] "Mihcel", "Spiegelfrequenz mit Vorselektion." <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SpiegelfrequenzMitVorselektion.svg>, accessed 2022-11-07, 2008.
- [8] S. "wdwd", "Single-Sideband Mixer." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single-Sideband_Mixer.svg, accessed 2022-11-07, 2011.
- [9] D. Mietke, "Frequenzmodulation." <https://www.elektroniktutor.de/signalkunde/fm.html>, accessed 2022-11-07, 2002.
- [10] I. Collins, "Phase-Locked Loop Fundamentals." <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/phase-locked-loop-pll-fundamentals.html>, accessed 2022-11-10, 2018.
- [11] P. Miles, "Voltage Balun." https://vk6ysf.com/balun_1-1.htm, accessed 2022-11-10, 2012.
- [12] S. Andersen, "A tale of radials and vertical antennas." <https://www.n1fd.org/2019/10/23/radials-vertical-antennas/>, accessed 2022-11-07, 2019.
- [13] "And1mu", "Electromagnetic wave." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM-Wave_noGIF.svg, accessed 2022-11-07, 2017.

- [14] "SQ1GU", "W3DZZ Antenna with Traps on Toroid Cores." <https://sq1gu.tobis.com.pl/en/interface/62-antena-w3dzz-2>, accessed 2022-11-10, 2017.
- [15] E. K. W. Moltrecht, "Darc-online-lehrgang technik klasse a kapitel 15: Übertragungstechnik." <https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a15/>, accessed 2022-11-07, 2017.
- [16] M. Haverstock, "When it comes to ham radio, splatter matters." <https://www.onallbands.com/when-it-comes-to-ham-radio-splatter-matters/>, accessed 2022-11-07, 2022.
- [17] "wdwd", "Peak envelope power." https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peak_Envelope_Power.svg, accessed 2022-11-07, 2020.