

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1 Komplexe Darstellung sinusförmiger Zeitfunktionen	1
1.2 Nutzung der unterschiedlichen Frequenzbereiche	2
1.3 Das Simulationsprogramm HF-LINMO	4
2. Passive Komponenten	7
2.1 Die idealisierten Komponenten R, L und C	7
2.1.1 Der ideale Widerstand	7
2.1.2 Die ideale Induktivität	9
2.1.3 Der ideale Kondensator	10
2.2 Die realen Bauelemente R, L und C	11
2.2.1 Technische Formen des Widerstandes	12
2.2.2 Einfache Modelle technischer Induktivitäten	14
2.2.3 Ersatzschaltung einer realen Induktivität	17
2.2.4 Einfache Modelle technischer Kapazitäten	20
2.2.5 Ersatzschaltung einer realen Kapazität	23
2.3 Die realen Schwingkreise	26
2.3.1 Ersatzschaltung der realen Schwingkreise	26
2.3.2 Einsatzgebiete für Schwingkreis	29
2.4 Der Schwingquarz als Resonator	30
2.4.1 Resonanzfrequenzen von Schwingquarzen	30
2.4.2 Ersatzschaltbild eines Schwingquarzes	31
2.5 Übungsaufgaben	33
3. Grundlagen der Leitungstheorie	35
3.1 Die verlustlose Leitung - Analyse im Zeitbereich	35
3.1.1 Der Wellenwiderstand	39
3.1.2 Der Reflexionsfaktor	39
3.1.3 Einfach- und Mehrfachreflexionen auf Leitungen mit ohmschen Abschlusswiderständen	41
3.2 Die Leitung - Analyse im Frequenzbereich	43
3.2.1 Die Wellengleichung im Frequenzbereich	44
3.2.2 Diskussion der Ausbreitungskonstante und des Wellenwiderstandes	45

3.2.3	Der Reflexionsfaktor im Frequenzbereich	49
3.2.4	Das Smith-Diagramm	53
3.2.5	Widerstandstransformation entlang einer Leitung	57
3.3	Leitungstransformatoren	63
3.3.1	$\lambda/4$ -Transformator	63
3.3.2	Mehrstufige $\lambda/4$ -Transformatoren	65
3.3.3	Kontinuierliche Leitungstransformatoren	70
3.4	Übungsaufgaben	73
4.	Darstellung linearer Schaltungen	75
4.1	Die klassischen Zweitorparameter	75
4.1.1	Die Z-Parameter	76
4.1.2	Die H-Parameter	78
4.1.3	Die Y-Parameter	79
4.2	Die Streuparameter	82
4.2.1	Definition der Wellengrößen	83
4.2.2	Definition der S-Parameter	84
4.2.3	Das Signalflussdiagramm	89
4.2.4	Netzwerkanalysator	94
4.3	Übungsaufgaben	100
5.	Netzwerksynthese	103
5.1	Grundlegende Netzwerkeigenschaften	103
5.2	Filterentwurf	107
5.2.1	Butterworth-Filter	109
5.2.2	Tschebyscheff-Filter	111
5.3	Transformationen des Tiefpassfilters	114
5.3.1	Hochpasstransformation	114
5.3.2	Bandpasstransformation	116
5.3.3	Sperrfiltertransformation	119
5.4	Übungsaufgaben	121
6.	Halbleiter-Bauelemente	123
6.1	Grundlegende Eigenschaften von Halbleitern	123
6.1.1	Das Bändermodell	124
6.1.2	Eigenleitfähigkeit	126
6.1.3	Störstellenleitfähigkeit	130
6.1.4	Diffusionsströme in Halbleitern	133
6.2	Der pn-Übergang	134
6.2.1	pn-Übergang im stromlosen Zustand	134
6.2.2	pn-Übergang bei Spannungseinwirkung	139
6.2.3	Kleinsignalersatzschaltung einer Diode	142
6.3	Die Schottky-Diode	146
6.3.1	Bändermodell der Schottky-Diode	146
6.3.2	Statische Strom-Spannungscharakteristik	147

6.4	Der bipolare NPN-Transistor	148
6.4.1	Aufbau und prinzipielle Wirkungsweise	148
6.4.2	Ein- und Ausgangskennlinien von Bipolartransistoren	151
6.4.3	Linearisiertes Modell eines Bipolartransistors	153
6.4.4	Hochfrequenz-Ersatzschaltbild eines Bipolartransistors	155
6.5	Der unipolare MESFET	158
6.5.1	Aufbau und stationäre Kennlinien eines MESFET	158
6.5.2	Linearisiertes Modell eines MESFET	162
6.5.3	Hochfrequenz-Ersatzschaltbild eines MESFET	165
6.6	Übungsaufgaben	166
7.	Hochfrequenzverstärker	169
7.1	Charakteristische Größen	169
7.1.1	Arbeitspunkteinstellung	169
7.1.2	Zweiter beschrieben durch Y-Parameter	171
7.1.3	Zweiter beschrieben durch die S-Parameter	173
7.2	Stabilität eines Zweitorts	174
7.2.1	Stabilitätskreise	175
7.2.2	Der Stabilitätsfaktor	178
7.2.3	Stabilisierung eines Transistors	178
7.3	Leistungsverstärkung	180
7.3.1	Vernachlässigte Rückwirkung	181
7.3.2	Einfluss der Rückwirkung	183
7.3.3	Optimale Lastreflexion bei Rückwirkung	184
7.3.4	Maximal verfügbarer Übertragungsgewinn	186
7.3.5	Übertragungsgewinn bei ein- bzw. ausgangsseitiger Fehlanpassung	187
7.3.6	Kreise konstanten Übertragungsgewinns	188
7.4	Konzepte für Hochfrequenzverstärker	190
7.4.1	Der unsymmetrische Verstärker	190
7.4.2	Wanderwellenverstärker	192
7.5	Übungsaufgaben	194
8.	Oszillatoren	197
8.1	Zweipol-Oszillator	197
8.2	Vierpol-Oszillator	200
8.2.1	RC-Oszillator	201
8.2.2	LC-Oszillator	204
8.2.3	Quarzstabilisierte Oszillatoren	206
8.3	Synthesegeneratoren	208
8.3.1	Grundlagen einer Phasenregelschleife	209
8.3.2	Aufbau von Synthesegeneratoren	215
8.4	Übungsaufgaben	217

9. Rauschen	221
9.1 Beschreibung einer Rauschgröße	222
9.1.1 Zeitliche Mittelwerte	222
9.1.2 Spektrale Rauschleistungsdichte	222
9.1.3 Wahrscheinlichkeitsdichte	224
9.2 Rauschphänomene	227
9.2.1 Das Schrotrauschen	227
9.2.2 Das thermische Rauschen	231
9.3 Rauschende Vierpole	236
9.3.1 Rauschzahl eines Verstärkers	237
9.3.2 Die Rauschzahl kaskadierter Verstärker	238
9.3.3 Rauschanpassung	240
9.4 Übungsaufgaben	241
10. Das elektromagnetische Feld	243
10.1 Die elektrischen Feldgrößen	244
10.1.1 Die elektrische Feldstärke	244
10.1.2 Die elektrische Potentialfunktion	246
10.1.3 Die dielektrische Verschiebungsdichte	250
10.1.4 Die elektrische Energiedichte	252
10.2 Die magnetischen Feldgrößen	253
10.2.1 Die magnetische Induktion	253
10.2.2 Die magnetische Feldstärke	254
10.2.3 Die magnetische Energiedichte	254
10.3 Die Maxwell'schen Gleichungen	255
10.3.1 Das Induktionsgesetz	255
10.3.2 Das Durchflutungsgesetz	256
10.4 Maxwell'sche Gleichungen, Differentialform	257
10.5 Der Poynting'sche Vektor	260
10.6 Bedingungen an Grenzflächen	261
10.6.1 Das elektrische Feld an der Grenzfläche zweier Dielektrika	261
10.6.2 Das magnetische Feld an der Grenzfläche zweier Materialien unterschiedlicher Permeabilität	263
10.7 Übungsaufgaben	264
11. Die ebene Welle	265
11.1 Die Wellengleichung der ebenen Welle	265
11.2 Die schwach gedämpfte ebene Welle	267
11.2.1 Ebene Welle im freien Raum	268
11.2.2 Ebene Welle in verlustfreien Materialien	269
11.2.3 Die Polarisierung	271
11.2.4 Der Wellenvektor	273
11.3 Die stark gedämpfte ebene Welle	274
11.3.1 Idealer Leiter	277
11.3.2 Verlustleistung	277

11.4 Übungsaufgaben	279
12. Geführte Wellen	281
12.1 Die ideale Bandleitung	281
12.1.1 Spannung, Strom und Wellenwiderstand	282
12.1.2 Dämpfung der Bandleitungswelle	283
12.2 Die Koaxialleitung	285
12.2.1 Felder und Wellenwiderstand der Koaxialleitung	286
12.2.2 Leiterdämpfung der Koaxialleitung	287
12.3 Allgemeine Eigenschaften von TEM-Wellen	289
12.4 Quasi TEM-Wellenleiter	291
12.4.1 Mikrostreifenleitung	291
12.4.2 Koplanarleitung	294
12.5 Hohlleiter	298
12.5.1 Rechteckhohlleiter und ebene Welle	299
12.5.2 Die Moden des Rechteckhohlleiters	303
12.6 Übungsaufgaben	317
13. Integrierte Mikrowellenschaltungen	319
13.1 Technologie	319
13.1.1 Das Substrat	319
13.1.2 Herstellungsverfahren	320
13.2 Diskontinuitäten der Mikrostreifenleitung	322
13.2.1 Leerlauf	323
13.2.2 Kurzschluss	325
13.2.3 Weitensprung	326
13.2.4 Weitere Diskontinuitäten	335
13.3 Passive Mikrostreifenleitungsschaltungen	339
13.3.1 Filter	339
13.3.2 Richtkoppler	346
13.3.3 Leistungsteiler	349
13.4 Übungsaufgaben	350
14. Antennen	353
14.1 Sende-Empfangssystem	353
14.1.1 Phänomenologisches Modell	353
14.1.2 Sende-Empfangssystem als Vierpol	356
14.2 Der Hertzsche Dipol	359
14.2.1 Das Fernfeld	361
14.2.2 Spiegelung an einer leitenden Ebene	363
14.3 Linearantennen	365
14.3.1 Richtcharakteristik von Stabantennen	366
14.3.2 Die Momenten-Methode	368
14.3.3 Ausgewählte Linearantennen	373
14.4 Aperturantennen	381

14.4.1 Die eindimensionale Apertur	382
14.4.2 Reflektorantennen	384
14.5 Übungsaufgaben	385
A. Lösungen	389
A.1 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 2	389
A.2 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 3	392
A.3 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 4	394
A.4 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 5	395
A.5 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 6	396
A.6 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 7	398
A.7 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 8	400
A.8 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 9	402
A.9 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 10	404
A.10 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 11	406
A.11 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 12	408
A.12 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 13	409
A.13 Lösungen Übungsaufgaben Kapitel 14	411
Literatur	413
Index	417

Hochfrequenztechnik

Lineare Modelle

Zimmer, G.

2000, XII, 422 S. Mit CD-ROM., Hardcover

ISBN: 978-3-540-66716-2