

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Inhalte der modernen Hochfrequenztechnik	1
1.2	Aufbau von Hochfrequenzanordnungen	4
1.3	HF-Technik: Zwischen Elektronik und Optik	5
2	Schaltungstheoretische Grundlagen	9
2.1	Systemvoraussetzungen	10
2.2	Die Streumatrix	11
2.2.1	Einführung der Wellengrößen	11
2.2.2	Bedeutung der Streuparameter	14
2.2.3	Die Netzwerkparameter der Elektronik	16
2.3	Schaltungsentwurf von Zweitoren über Streuparameter	19
2.4	Streumatrizen von Netzwerken mit speziellen Eigenschaften	21
2.4.1	Eigenschaften der Streuparameter von passiven Komponenten	22
2.4.2	Eigenschaften der Streuparameter von passiven verlustlosen Komponenten	24
2.4.3	Gängige Umrechnungen von Streuparametern	26
2.5	Transmissions-, Ketten- und sonstige Matrizen	28
2.5.1	Die Transmissionsmatrix Σ	28
2.5.2	Die Kettenmatrix $[A]$ und die ABCD-Matrix	32
3	Passive HF-Komponenten aus konzentrierten Bauteilen	33
3.1	Konzentrierte Elemente und Bauteile	34
3.1.1	Ideale konzentrierte Elemente	34
3.1.2	Reale konzentrierte Bauteile	34
3.1.2.1	Güte von Spulen und Kondensatoren	37
3.1.2.2	SMD's	39

3.1.2.3	Halbleiterbauteile	42
3.1.2.4	Multilayerbauteile in LTCC und Laminaten	43
3.1.2.5	Gekoppelte Induktivitäten	44
3.2	Zweitore	45
3.2.1	Dämpfungsglieder	45
3.2.2	Impedanztransformatoren	46
3.2.3	$\pm 90^\circ$ -Phasenschieber	50
3.3	Drei- und Viertore	53
3.3.1	DC- und Steuersignal-Einspeisung	53
3.3.2	Beschaltungen	54
3.3.3	Resistive Signalteiler	55
3.3.4	Reaktive Signalteiler	56
3.3.5	Verschiedenste Koppler und Symmetrierglieder	59
3.4	Multifunktionskomponenten	61
4	Hochfrequenzleitungen: Theorie, Leitertypen und Anwendungen	63
4.1	Die allgemeine Leitungstheorie	65
4.1.1	Schwach verlustbehaftete Leitungen	70
4.1.2	Dämpfung einer Leitung	71
4.1.3	Leitungstheorie verlustloser Leitungen	72
4.1.4	Wellenlänge und Phasengeschwindigkeit	74
4.1.5	Gruppenlaufzeit	76
4.1.6	Augendiagramm und BER-Test	77
4.2	TEM- und Quasi-TEM-Wellenleiter	77
4.2.1	Die Koaxialleitung	82
4.2.2	Die Band- und Paralleldrahtleitung	84
4.2.3	Die geschirmte Streifenleitung	85
4.2.4	Quasi-TEM-Wellenleiter: Mikrostreifen- und Koplanarleitung . . .	87
4.2.5	Technologie der planaren Schaltung	91
4.2.6	Koaxialleitung als Referenzleitung	93
4.3	Leitungstransformation und Smith-Chart	98
4.3.1	Eingangswiderstand einer Leitung	98
4.3.2	Leitungen als Impedanztransformatoren	104
4.3.3	Der Reflexionsfaktor r	106
4.3.4	Stehwellenverhältnis und Anpassungsfaktor	108

4.3.5	Das Smith-Chart	109
4.4	Quasi-konzentrierte Leitungsbauteile	117
5	Schaltungstheorie und -synthese mit Gleich- und Gegentaktgrößen	121
5.1	Einführung von Mixed-Mode-TEM-Systemen	121
5.1.1	Unsymmetrischer Mode und Gegentaktmode in Zweileitersystemen	123
5.1.2	Gleich- und Gegentaktmoden in Dreileitersystemen	125
5.2	Komponenten mit Dreileitersystemen am Ein- und Ausgang	127
5.2.1	Transceiver für die digitale Datenübertragung	135
5.2.2	Differentielle Leitungstechnik für die digitale Datenübertragung . .	137
5.2.3	Modeblocker	139
5.2.4	$\pm 90^\circ$ -Phasenschieber mit Modeblocker- und Impedanztransforma- torfunktionalität	144
5.2.5	Modekonverter und Modeweichen	145
5.2.6	Propagation-Matrix für Mixed-Mode-Systeme	149
5.3	Komponenten mit Zwei- und Dreileitersystemen	151
5.3.1	Zusammenhang zwischen S- und allgemeinen M-Parametern	152
5.3.2	Symmetrischer Signalteiler	155
5.3.3	Symmetrierglieder	156
5.4	Schaltungssynthese von symmetrischen Netzwerken	165
5.4.1	Analyse von symmetrischen Zweitornetzwerken	171
5.4.2	Synthese von symmetrischen Mixed-Mode-Netzwerken	171
5.5	Koppler und Grundlagen der Kopplersynthese	172
5.5.1	Wilkinson-Koppler	174
5.5.2	Leitungskoppler	176
5.5.3	Hybrid-Koppler	178
5.5.4	Resistiver Koppler und $\pm 90^\circ$ -LC-Koppler	180
6	Resonatoren und Filter	183
6.1	Synthese aus Butterworth- oder Tschebyscheff-Standardtiefpässen	185
6.1.1	Schaltungsentwurf von Standardfiltern	187
6.2	Synthese von speziellen Filtern	191
6.3	Grundlagen der Resonatoren	193
6.3.1	Theorie der $\lambda/4$ -Leitungsresonatoren	200
6.4	Beschaltete Resonatoren	204
6.4.1	Transmissionsresonatoren	205

6.4.2	Reflexionsresonatoren	209
6.4.3	Dielektrischer Resonator und Reaktionsresonatoren	211
6.5	Dual-Mode-Resonatoren	214
6.6	Gekoppelte zweikreisige Resonatorfilter beliebiger Güte	219
6.6.1	Übersicht: Zweikreisige Resonatorfilter	219
6.6.2	Synthese von gekoppelten Parallelschwingkreisen mit Spannungskopplung	220
6.6.2.1	Das kapazitiv gekoppelte Resonatorfilter	223
6.6.2.2	Das induktiv gekoppelte Resonatorfilter	224
6.6.2.3	Resonatoren als Koppelemente	225
6.6.2.4	Implementierte Impedanztransformation	227
6.7	Frequenzweichen	228
6.7.1	Angepasste Filter	230
7	Hochfrequenzschalter	233
7.1	Koaxiale Relais	233
7.1.1	Reed-Relais	235
7.1.2	Freilaufdiode	236
7.2	MEMS	237
7.3	PIN-Dioden-Funktionalität und -Schalter	238
7.3.1	Aufbau einer PIN-Diode	239
7.3.2	PIN-Diode im stationären Sperrbereich	240
7.3.3	PIN-Diode im stationären Flussbereich	242
7.3.4	Schaltverhalten von PIN-Dioden	244
7.3.5	Bauformen von PIN-Dioden	247
7.3.6	PIN-Dioden Schalter-Anordnungen	248
7.4	HF-Transistor-Schalter	251
7.5	Schalter für differentielle Schaltungen	255
7.5.1	Beschreibung der symmetrischen Schalteranordnungen	256
8	Lineare Verstärker und Rauschen	261
8.1	Kenngrößen von Kleinsignalverstärkern	262
8.1.1	Leistungsverstärkung	262
8.1.2	Stabilität	263
8.1.3	Maximaler Leistungsgewinn und maximaler stabiler Gewinn	266
8.2	Entwurf von Schmalband-Verstärkern	267

8.2.1	Analyse des Transistors im Arbeitspunkt	269
8.2.2	Schaltungsoptimierung des Transistorverstärkers	273
8.3	Analyse des nichtlinearen Verhaltens von Verstärkern	276
8.3.1	Grundlagen der nichtlinearen Verzerrungen	276
8.3.2	Nichtlineare Effekte und Simulation eines HF-Verstärkers	278
8.4	Multi-Band-LNAs für Software-Defined Radios	281
8.5	Kompensation des Millereffektes	281
8.6	Grundlagen der Theorie des elektrischen Rauschens	282
8.6.1	Grundbegriffe	282
8.6.2	Rauschquellen	283
8.6.3	Rauschzahl eines Zweitores und einer Kaskade	286
8.6.4	Auslegung rauscharmer Empfänger	288
9	Modelling, Fitting und Spulenentwurf	291
9.1	Modelle zum Fitting einer Spule	292
9.2	Sensibilisierungsstrukturen zum optimalen Fitting	294
9.2.1	Fitting einer Spule ohne Sensibilisierung	294
9.2.2	Fitting einer Spule unter Verwendung eines Tiefpasses	295
9.2.3	Beurteilung einer Spule unter Verwendung des MAG's	297
9.3	Die Praxis eines Modellings	299
9.3.1	Die Praxis eines Modellings mit ADS	303
9.4	Entwurf und Optimierung von planaren Spulen	306
9.4.1	Charakteristische Eigenschaften von planaren Spulen	306
9.4.2	Dimensionierung von planaren Spulen	307
9.4.3	Konzeptionelle Optimierung von differentiellen Schaltungen	310
10	Grundlagen der Systemkonzeption	315
10.1	Auslegung einfacher Übertragungsstrecken	316
10.1.1	Arbeiten mit einer Ersatzlast	317
10.1.2	Arbeiten mit einer Ersatzquelle	319
10.1.3	Kenngrößen von Übertragungsstrecken	320
10.2	Signalflussmethode und -diagramme	324
10.2.1	Komponenten für Signalflussdiagramme	325
10.2.2	Beispielrechnung: Signalverfolgungsmethode	327
10.3	Wichtige Systemkomponenten	330
10.3.1	Nichtreziproke passive Komponenten	330

10.3.2	Detektoren	333
10.3.3	Mischer	335
10.3.4	Einseitenbandumsetzer und IQ-Modulatoren	337
10.3.5	Oszillatoren und Synthesegeneratoren	339
10.3.6	Antennen	344
10.4	Skalare S-Parameter-Messsysteme	346
10.4.1	Transmissionsmessungen	348
10.4.2	Reflexions- und unidirektionale Messungen	351
10.5	Vektorielle S-Parameter-Messsysteme	353
10.5.1	Homodyne Konzepte	355
10.5.2	Heterodyne Konzepte	358
10.5.3	Netzwerkanalysator-Konzepte	361
10.5.4	Kalibrierung vektorieller Netzwerkanalysatoren	367
10.6	Beschreibung des Dual-Mode-Funks	368
10.6.1	Funktionsweise der Dual-Mode-Funk-Technik	372
11	Radio Frequency Identification (RFID)	375
11.1	Kurzüberblick über alle RFID-Systeme	375
11.1.1	RFID-Standards	377
11.1.2	RFID-Frequenzbereiche	377
11.2	Readerkonzepte für das UHF-Band	379
11.2.1	Analoges Frontend mit digitalem Signalprozessor	380
11.2.2	RFID-Transceiver	381
11.3	Transponder für das UHF-Band	382
11.4	Rahmenbedingungen für die Protokolle und Regularien von UHF-Band-RFID-Geräten	384
11.5	Entwicklung von Frontend-Schaltungen für UHF-Band-RFID-Geräte . . .	387
11.5.1	Das durchstimmbare Kanalfilter mit starker CW-Signalunterdrückung	391
11.6	Pegelpläne für die Entwicklung von Frontend-Schaltungen am Beispiel von UHF-Band-RFID-Geräten	393
12	Lokalisierung und Ortung	397
12.1	Global Navigation Satellite Systems (GNSS)	398
12.2	Das FMCW-Radarsystem	400
12.2.1	Diskrete Abtastung im Frequenzbereich	401
12.2.2	Frequenzbegrenzte Abtastung	404

12.2.3	Abtastverfahren und prinzipieller Hardwareaufbau	406
12.2.4	Das FMCW-Verfahren mit diskreter Frequenzvariation	407
12.2.5	Das FMCW-Verfahren mit kontinuierlicher Frequenzvariation . . .	408
12.2.6	Einfluß der Spiegelimpulse	410
12.2.7	Ermittlung der Entfernung einer idealisierten Störstelle	412
12.3	Das SFCW-Radarsystem	414
A	Anhang	417
A.1	Hilfsblätter	417
	Literaturverzeichnis	436
	Verzeichnis häufig verwendeter Formelzeichen und Kürzel	444
	Sachwortverzeichnis	447