

---

# Inhalt

Vorwort	3
Inhalt	5
<b>1 Passive Baugruppen und Schaltungen</b>	<b>11</b>
1.1 Breitband-Übertrager	11
1.1.1 Grundlagen	11
1.1.2 Einfacher 1:1-Ringkern-Balun	12
1.1.3 „Echter“ 1:1-Ringkern-Balun	13
1.1.4 Symmetrischer Standardübertrager 1:4	13
1.1.5 1:4-Ringkern-Balun	13
1.1.6 Balun transformiert von 50 Ohm aufwärts	15
1.1.7 50 Ohm symmetrisch auf 450 Ohm unsymmetrisch	15
1.1.8 Unun 1:4 und 1:9 nach Ruthroff	16
1.1.9 Ringkern-Balun 1:4 nach Guanella	16
1.1.10 Tipps für die Bewicklung	17
1.1.11 Guanella-Balun ohne Kern	18
1.1.12 Balun nach W1JR	18
1.1.13 Käufliche Breitband-Übertrager für kleine Leistung	18
1.1.14 Symmetrierübertrager mit Doppellochkern	19
1.2 Hybridkoppler	20
1.2.1 Grundlagen	20
1.2.2 Hybridkoppler mit wenig Aufwand	20
1.2.3 Hybridkoppler in Standardschaltung	20
1.2.4 Erweiterter Standard-Hybridkoppler	20
1.2.5 Hybridkoppler mit 90° Phasenversatz	21
1.2.6 Power Splitter von Mini Circuits	21
1.3 Tiefpässe	23
1.3.1 Anforderungen	23
1.3.2 Grundlagen des Pi-Tiefpassfilters	25
1.3.4 Tschebycheff-Tiefpässe 9., 7., 5. und 3. Grades	27
1.3.5 Elliptic-Tiefpässe 9., 7., 5. und 3. Grades	27
1.3.6 Tiefpass für den KW-Bereich	27
1.3.7 Umschaltbares Tiefpassfilter	30
1.3.8 Praxisgerechte Sender-Tiefpassfilter	30
1.3.9 Fertige Tiefpassfilter	31
1.4 Schwingkreise und Resonanztransformatoren	33
1.4.1 Praktiker-Grundwissen	33
1.4.2 Praktiker-Formeln	33
1.4.3 Einsatz von Kapazitätsdioden	34
1.4.4 Resonanztransformation	35
1.4.5 Antennenanpassung mit simulierter Rollspule	38
1.4.6 Antennentuner mit „direkter Anpassung“	39
1.4.7 Der Fuchs-Kreis	40

1.4.8	Tipps für die Bandspreizung	40
1.5	LC-Bandpässe	41
1.5.1	Kapazitive Hochpunktkopplung	41
1.5.2	Tipps für die Realisierung	43
1.5.3	Zweikreisige Filter mit kapazitiver Kopplung	44
1.5.4	Butterworth-Filter mit fünf Elementen	44
1.5.5	Abstimmbares Zweikreisfilter	44
1.5.6	Dreikreisiges Filter mit geringen Verlusten	45
1.5.7	Butterworth-Bandpässe mit sieben Elementen	46
1.5.8	Bandpassfilter für 100 W	46
1.5.9	Breitbandfilter für 1,8 bis 30 MHz	47
1.5.10	Dreikreis-Bandfilter mit Pi-Struktur	49
1.5.11	Einfache Filter für das 2-m-Band	50
1.5.12	Durchstimmbarer Preselektor für den unteren KW-Bereich	50
1.5.13	Bandpass für 80 m	51
1.5.14	Bandpass für 40 m	51
1.5.15	Bandpass für 20 m	51
1.5.16	Bandpass für 10 m	52
1.5.17	Sperrfilter für AM	53
1.5.18	Preselektor für KW mit Verstärker	53
1.5.19	Preselektor für 10 m mit Verstärker	54
1.5.20	Das Helical-Resonator-Filter	54
1.5.21	NF-Bandpässe mit Spulen	55
1.6	L-Glieder und andere Anpassschaltungen	58
1.6.1	Der LC-Tiefpass	58
1.6.2	Anpassung auf Basis des L-Glieds	59
1.6.3	Symmetrierung mit L-Gliedern	60
1.6.4	Anpassung kurzer Stabantennen	60
1.6.5	Das Pi-Filter in der Praxis	62
1.6.6	Schaltbares Pi-Filter	63
1.6.7	Pi-Filter mit Flachspulen	63
1.6.8	Pi-Filter für symmetrische Zuleitungen	64
1.6.9	Antennenkoppler in T-Schaltung	65
1.6.10	Der Z-Match-Koppler	66
1.6.11	Tipps zur Verlustreduzierung	67
1.6.12	Transformation auf Widerstände über 1 kOhm	69
1.6.13	Anpassschaltungen für Transistorstufen	69
1.7	Quarzfilter	73
1.7.1	Filter mit nur einem Quarz	73
1.7.2	Filter mit zwei bis vier Quarzen	74
1.7.3	Tipps für die Praxis	78
1.7.4	Filter mit sechs bis neun Quarzen	81
1.7.5	Kommerzielle Quarzfilter	84
1.7.6	Alternativen zu Quarzfiltern	86
1.8	Mischer und Frequenzvervielfacher mit Dioden	89
1.8.1	Grundlagen	89
1.8.2	Grundtypen der Mischer	90
1.8.3	Oberschwingungs-Mischung als Problem	92
1.8.4	Mischerkennwerte und ihre Bedeutung	98
1.8.5	Selbstbau von Diodenmischern	99
1.8.6	Einfügen des Diodenmischers in die Schaltung	101

1.8.7	Leistungsfähigkeit des Selbstbau-Diodenringmischers . . . . .	101
1.8.8	Kommerziell hergestellte Ringmischer . . . . .	104
1.8.9	Praktische ZF-Filterschaltungen . . . . .	104
1.8.10	Mischer mit antiparallelen Dioden . . . . .	105
1.8.11	Passive Mischer mit FETs . . . . .	106
1.8.12	HF-Frequenzvervielfacher . . . . .	106
1.9	Dämpfungsglieder . . . . .	110
1.9.1	Grundsaltungen . . . . .	110
1.9.2	Aufbau . . . . .	110
1.9.3	Praktische Schaltungen . . . . .	112
1.9.4	Dämpfungsglieder mit PIN-Dioden . . . . .	112
1.10	Diplexer/Duplexer (Frequenzweichen) . . . . .	115
1.10.1	Einsatzmöglichkeiten . . . . .	115
1.10.2	Schaltung mit L und C . . . . .	116
1.10.3	Diplexer mit Koaxialkabeln . . . . .	116
1.10.4	Schaltung mit L, C und Kabeln . . . . .	117
<b>2</b>	<b>Verstärkerstufen und -schaltungen . . . . .</b>	<b>119</b>
2.1	Audio-Kopfhörerverstärker und -Vorverstärker . . . . .	119
2.1.1	Gegenkopplung über Emitterwiderstand . . . . .	119
2.1.2	Frequenzgang-Beeinflussung . . . . .	122
2.1.3	Hochverstärkender Audioteil für DC-RX . . . . .	122
2.1.4	Einsatz von Operationsverstärkern . . . . .	122
2.1.5	Schaltungsbeispiele mit OPVs . . . . .	123
2.1.6	NF-Teile mit AGC . . . . .	125
2.1.7	Schaltungen mit Audioverstärker-ICs . . . . .	128
2.2	Audio-Lautsprecherverstärker . . . . .	129
2.2.1	Schaltungen mit dem LM 386 . . . . .	129
2.2.2	Schaltungen für mittlere Leistung . . . . .	130
2.2.3	Einfacher Vier-Transistor-Booster . . . . .	134
2.3	Aktive NF-Filter . . . . .	135
2.3.1	Tiefpässe . . . . .	136
2.3.2	CW-Filter . . . . .	137
2.3.3	Notch-Filter . . . . .	142
2.3.4	SC-Filter mit Standard-Bauteilen . . . . .	145
2.4	ZF-Verstärker . . . . .	146
2.4.1	Aufbaukonzepte . . . . .	146
2.4.2	Die AGC unter der Lupe . . . . .	147
2.4.3	Die Hängeregelung . . . . .	148
2.4.4	Rauscharmer, regelbarer ZF-Verstärker mit zwei FETs . . . . .	149
2.4.5	ZF-Verstärker-Baugruppe mit 9-MHz-Filtern . . . . .	150
2.4.6	Schmalbandiger ZF-Verstärker mit fünf FETs . . . . .	151
2.4.7	Einstellbarer ZF-Teil (Störausblendung) . . . . .	151
2.4.8	AGC-System mit unabhängig festlegbaren Zeiten . . . . .	154
2.4.9	Schaltungen mit dem (ersetzbaren) CA 3028 . . . . .	154
2.4.10	Schaltungen mit dem Array CA 3046 . . . . .	157
2.4.11	Anwendung des MC 1350 . . . . .	158
2.4.12	Diodengeschaltete ZF-Stufe . . . . .	161
2.4.13	ZF-Verstärker mit 90-MHz-OPVs . . . . .	162

2.4.14	ZF-Verstärker mit zwei ICs. . . . .	162
2.4.15	FM-ZF-Verstärker mit MC 3361 oder CA 3089. . . . .	163
2.4.16	Zweistufiges Notchfilter auf ZF-Ebene . . . . .	163
2.5	Schmalband-Kleinsignalverstärker für KW . . . . .	164
2.5.1	Rauscharmer Vorverstärker für 28 MHz . . . . .	164
2.5.2	Q-Multiplier (elektronische Güteerhöhung) . . . . .	164
2.5.3	Einfacher Q-Multiplier. . . . .	166
2.5.4	Preselektor mit Q-Multiplier . . . . .	166
2.5.5	Verstärker für 50...54 MHz mit AGC-Eingang . . . . .	167
2.6	Breitband-Kleinsignalverstärker . . . . .	168
2.6.1	X-gegengekoppelte Verstärker. . . . .	168
2.6.2	R-gegengekoppelte Verstärker. . . . .	170
2.6.3	X- und R-gegengekoppelter Verstärker . . . . .	170
2.6.4	Zweistufige Breitbandverstärker . . . . .	171
2.6.5	Pegelverstärker für Frequenzzähler . . . . .	173
2.7	Schmalbandige Verstärker für 1...10 W . . . . .	174
2.7.1	2-W-Treiber/PA für CW auf 20 m . . . . .	174
2.7.2	3-W-PA für SSB oder CW auf 10 m. . . . .	174
2.7.3	3,5-W-PA für CW auf 40 m. . . . .	178
2.7.4	5-W-Treiber/PA für SSB oder CW auf 40 m. . . . .	178
2.7.5	10-W-SSB-Endstufe . . . . .	178
2.8	Breitbandige KW-Verstärker für 1...10 W. . . . .	179
2.8.1	1,4-W-Verstärker für SSB/CW auf 7 und 14 MHz. . . . .	179
2.8.2	Linearer 2-W-Treiber für 3,5...29 MHz . . . . .	179
2.8.3	Linearer KW-Breitbandverstärker für bis zu 2,5 W . . . . .	181
2.8.4	Ein 4-W-Linearverstärker für 1,5...29 MHz . . . . .	181
2.8.5	MOSFET-Endstufen für etwa 5 W . . . . .	181
2.8.6	Zweistufiger 5-W-Linearverstärker mit MOSFET-PA. . . . .	184
2.8.7	Gegentaktendstufen mit bipolaren Transistoren. . . . .	186
2.8.8	Gegentakt-Endstufe mit MOSFETs . . . . .	188
2.9	HF-Endverstärker für mehr als 10 W . . . . .	189
2.9.1	Klasse-C-Verstärker für bis zu 20 W. . . . .	189
2.9.2	Linearer Verstärker mit IRF 530. . . . .	190
2.9.3	50-W-Gegentakt-Endstufe mit vier IRF 510. . . . .	190
2.9.4	50-W-Gegentakt-Endstufe mit vier VN88AFD . . . . .	191
2.9.5	Gegentakt-Endstufe für 40...60 W . . . . .	191
2.9.6	Verstärker mit D- und E-Betrieb . . . . .	193
2.9.7	Brückenverstärker. . . . .	194
2.10	Kleinsignalverstärker für VHF/UHF . . . . .	196
2.10.1	Rauscharmer Vorverstärker für 2 m . . . . .	196
2.10.2	Rauscharmer Vorverstärker für 70 cm . . . . .	198
2.10.3	Gainblocks im Eigenbau . . . . .	198
2.10.4	Rauscharmer UHF-Breitbandverstärker . . . . .	199
2.10.5	Zweistufiger Vorverstärker für 70 cm. . . . .	200
2.10.6	Rauscharmer 2-m-Vorverstärker mit MOSFET . . . . .	200
2.10.7	UKW-Verstärker mit AGC. . . . .	202
2.10.8	Verstärker für 70 cm in Gate-Schaltung. . . . .	203
2.10.9	Anwendung von MMICs . . . . .	203
2.10.10	Schaltungen mit MMICs . . . . .	203

2.11	VHF/UHF-Leistungsverstärker . . . . .	204
2.11.1	Einfacher Leistungsverstärker mit RF Power Modul . . . . .	204
2.11.2	Linearverstärker für 50 MHz . . . . .	204
2.11.3	Ein 5-W-FET-Verstärker für 2 m . . . . .	206
2.11.4	10-W-FET-Verstärker für 2 m . . . . .	206
2.11.5	Zweistufiger Linearverstärker für 2 m . . . . .	208
2.11.6	Dreistufiger Linearverstärker für 2 m . . . . .	208
2.11.7	Etwa 2 W linear auf 2 m oder 70 cm . . . . .	209
2.11.8	V-MOS-Linearendstufe für 50 MHz . . . . .	209
2.11.9	Umschaltbare 2-m-Endstufe für bis zu 25 W . . . . .	210
<b>3</b>	<b>Oszillatoren, Signalgeneratoren und Synthesizer . . . . .</b>	<b>213</b>
3.1	Quarzoszillatoren . . . . .	213
3.1.1	Typen und Stabilität . . . . .	214
3.1.2	Einfache Quarzoszillatoren . . . . .	214
3.1.3	Oberwellen-Quarzoszillatoren . . . . .	218
3.1.4	Gezogene Quarzoszillatoren . . . . .	221
3.1.5	Oszillatoren mit zwei Transistoren . . . . .	226
3.2	LC-Oszillatoren (VFOs) . . . . .	228
3.2.1	Konstruktive Hinweise . . . . .	228
3.2.2	Einband-VFO-Schaltungen . . . . .	230
3.2.3	Mehrband-VFOs . . . . .	238
3.2.4	Heterodyne-Signalgenerator . . . . .	240
3.3	Elektronische Frequenzstabilisierung . . . . .	242
3.3.1	Stabilisierung mit Monoflop . . . . .	242
3.3.2	Stabilisierung mit DAFC . . . . .	243
3.4	PLL-Signalgeneratoren . . . . .	249
3.4.1	Praktisches zur Funktion . . . . .	249
3.4.2	PLL-Schaltkreise und ihre Anwendung . . . . .	253
3.4.3	Bedeutung der PLL im Amateurfunk . . . . .	255
3.4.4	Der DDS-Signalgenerator . . . . .	255
<b>4</b>	<b>Aktive Mischer, Frequenzvervielfacher und Konverter . . . . .</b>	<b>259</b>
4.1	Kennwerte aktiver Mischer . . . . .	259
4.1.1	Mischsteilheit, Mischverstärkung, Einfügedämpfung . . . . .	259
4.1.2	Das Rauschmaß . . . . .	259
4.1.3	3-dB-Kompressions- und 1-dB-Desensibilisierungspunkt . . . . .	259
4.1.4	Interceptpunkte zweiter und dritter Ordnung . . . . .	260
4.1.5	Die Dynamikbereiche . . . . .	261
4.1.6	Anschlussentkopplung . . . . .	261
4.2	Aktive Mischer unter der Lupe . . . . .	262
4.2.1	Kleinsignal-, Übersteuerungs- und Schaltbetrieb . . . . .	262
4.2.2	Die Folgen von Signaldämpfung und Preselektion . . . . .	262
4.2.3	Der Gilbert-Cell-Mischer . . . . .	263
4.2.4	Besonderheiten des Produktdetektors . . . . .	264
4.3	Aktive Mischer mit Bipolartransistoren . . . . .	265
4.3.1	Einfache Schaltung . . . . .	265
4.3.2	Doppelbalancemischer mit vier Transistoren . . . . .	266

4.3.3	Produkt-detektor . . . . .	267
4.4	Aktive Mischer mit SFETs . . . . .	267
4.4.1	Einfache Schaltungen . . . . .	267
4.4.2	Serienmischer . . . . .	268
4.4.3	Parallelmischer . . . . .	268
4.4.4	Gegentaktmischer (Balancemischer) . . . . .	269
4.4.5	Doppel-Balancemischer . . . . .	272
4.5	Aktive Mischer mit Dualgate-MOSFETs . . . . .	274
4.5.1	Arbeitspunkteinstellung . . . . .	274
4.5.2	Leistungsfähigkeit . . . . .	274
4.5.3	Verstärker und einfacher Mischer . . . . .	275
4.5.4	Einfacher Mischer und Verstärker für UKW . . . . .	276
4.5.5	Mischer mit BF 900 . . . . .	276
4.5.6	Balancemischer . . . . .	277
4.6	Mischer mit elektronischen Schaltern . . . . .	279
4.6.1	HF-Balancemischer . . . . .	279
4.6.2	Doppel-Balancemischer . . . . .	280
4.6.3	Hinweise zu ICs . . . . .	282
4.6.4	Oszillatorspannungs-Aufbereitung . . . . .	283
4.6.5	H-Mode-Mischer . . . . .	283
4.6.6	Vorschlag für eine Standardschaltung . . . . .	284
4.6.7	Mischer- und Multiplizierer-ICs . . . . .	284
4.7	Frequenzvervielfacher . . . . .	287
4.7.1	Frequenzvervielfacher mit einem Transistor . . . . .	287
4.7.2	Frequenzverdoppler mit zwei SFETs . . . . .	288
4.7.3	Frequenzverdoppler mit geringem Fremdwellenanteil . . . . .	288
4.7.4	Frequenzverdreifacher mit Array . . . . .	289
4.8	Konverter . . . . .	291
4.8.1	Einfacher praktischer Konverter . . . . .	291
4.8.2	Großsignalfester Konverter für 40 m . . . . .	292
4.8.3	Ein 70-cm-Konverter mit GaAs-FET . . . . .	292
<b>Index</b>	. . . . .	<b>294</b>