

PRAXIS DES ELEKTRONISCHEN RAUSCHENS

VON

HEINZ BENEKING

O. PROFESSOR AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE
AACHEN



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM/WIEN/ZÜRICH

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Einführung	1
1.2	Empfangsrauschen	9
1.3	Rechnen mit Rauschgrößen	11
2.	Rauschursachen und Ersatzschaltungen	20
2.1	Thermisches Rauschen	20
2.2	Schrotrauschen	28
2.21	Stromschwankungen im Zeitbereich	28
2.22	Leistungsspektrum	30
2.23	Berechnung des Schrotrauschens	37
2.24	Röhrendiode	40
2.25	Halbleiterdiode	43
2.251	Sperrschicht-Generations-Rekombinations-Rauschen	49
2.252	Rauschen im Durchbruchgebiet	52
2.253	Tunneldiode	54
2.26	Triode	56
2.27	Tetrode und Pentode	58
2.271	Stromverteilungsrauschen	60
2.272	Rausch-Ersatzschaltung	62
2.28	Bipolartransistor	65
2.29	Feldeffekttransistor	67
2.291	Sperrschicht-Feldeffekttransistor	68
2.292	Feldeffekttransistor mit isoliertem Gitter	72
2.3	Funkelrauschen	74
2.4	Kontaktrauschen	76
2.5	Stromrauschen	77
2.6	Quantenrauschen	80

3.	Rauschzahl und Rauschmaß	84
3.1	Definitionen	84
3.2	Spektrale Rauschzahl	87
3.21	Bestimmung der spektralen Rauschzahl	90
3.3	Integrale Rauschzahl	92
3.31	Leistungsbandbreite	94
3.4	Einfluß von Übertragungsgliedern	95
3.5	Messung von Rauschleistungen	100
3.51	Äquivalenter Rauschwiderstand	103
3.52	Rauschgenerator	104
3.53	Verwendung eines 3 dB-Teilers	106
3.54	Vergleichsverfahren	107
3.6	Rauschzahl mehrstufiger Verstärker	109
3.7	Rauschmaß	112
3.8	Rauschzahl technischer Bauelemente	113
3.81	Triode	113
3.82	Pentode	116
3.83	Bipolartransistor	118
3.84	Feldeffekttransistor	124
3.85	Photodiode	128
3.9	Antennenrauschen und effektiver Rauschfaktor	129
4.	Rauschende Vierpole	131
4.1	Vorgeschalteter Rauschvierpol	133
4.11	Rauschfaktor und Optimierung	135
4.12	Messung der Kenngrößen	139
4.2	Einführung von Wellengrößen	141
4.21	Bestimmung der Rauschparameter	145
4.22	Höchstfrequenz-Rauschgenerator	147
5.	Beispiele	149
5.1	Generations-Rekombinations-Stromrauschen	149
5.2	Rausch-Ersatzschaltbild eines UHF-Bipolartransistors	150
5.3	Transistor-Rauschvierpol	151

5.4	Rauschgrößen eines bipolaren Transistors	153
5.5	Rauschen von Feldeffekttransistoren	155
5.6	Rauschzahl eines Hochfrequenztransistors	158
5.7	Darstellung in der SMITH-Chart	159
5.8	Rauschzahl und Rauschmaß eines Tunneldioden-Verstärkers	163
5.9	Rauschen eines parametrischen Verstärkers	166
5.10	Rauschzahl einer gegengekoppelten Transistorstufe	175
6.	Anhang	178
6.I	Grundbegriffe der Statistik und Verteilungsfunktionen	178
1.	Wahrscheinlichkeit	178
1.1	Mittelwerte	183
2.	Verteilungen	185
2.1	Binomialverteilung (»BERNOULLI-Verteilung)	185
2.11	Mittelwerte höheren Grades	191
2.2	POISSON-Verteilung	192
2.3	LAPLACE -Verteilung	194
2.4	GAUSS-Verteilung	200
2.41	Überschreitung von Grenzwerten	206
2.42	MAXWELL- und BOLTZMANN-Verteilung	209
2.5	FERMI-Verteilung	220
6. II	Korpuskulare Herleitung der NYQUIST-Formel	230
6. III	Gesamt-Rauschleistung	233
6.IV	Strom im elektrischen Feld bewegter Ladungen	235
6.V	Normen und Begriffe	238
1.	Definitionen	238
2.	Verfahren	239
7.	Schrifttum	240