

# Inhaltsverzeichnis

<b>0.</b>	<b>Einleitung</b>	
<b>1.</b>	<b>Elektrotechnische Grundlagen</b>	
1.1.	Stationäre Ströme . . . . .	4
1.1.1.	Bewegungen der Elektronen . . . . .	4
	Elektronengas • Stromtransport • Stromstärke, Stromdichte • Mikro-Ohmsches Gesetz • Strömungsfeld	
1.1.2.	Ohmscher Widerstand . . . . .	9
	Ohmsches Gesetz • Zusammenschaltung von Widerständen • Widerstandsnetzwerke	
1.1.3.	Strom-Spannungs-Quellen . . . . .	12
	Wesen der Spannungsquelle • Wesen der Stromquelle • Zweipole • Nutzbare Spannung • Anpassungen • Verlauf der Leistungsanpassung	
1.1.4.	Vermaschte Stromkreise . . . . .	16
	Ersatzspannungsquellen • Überlagerungsgesetz • Maschenregel • Knotenregel	
1.1.5.	Vierpole. . . . .	18
1.1.6.	Technische Widerstände . . . . .	21
1.1.7.	Technische Spannungsquellen . . . . .	26
	Chemische Grundlagen • Primärelemente • Sekundärelemente	
1.2.	Magnetostatik . . . . .	35
1.2.1.	Ursachen des Magnetismus . . . . .	35
1.2.2.	Feldgrößen . . . . .	39
1.2.3.	Hysteresekurve . . . . .	40
1.2.4.	Permeabilitäten . . . . .	41
1.2.5.	Magnetischer Kreis . . . . .	42
1.2.6.	Energieprodukt . . . . .	42
1.2.7.	Kreis mit Luftspalt . . . . .	44
1.2.8.	Kraftwirkungen . . . . .	45
1.2.9.	Magnetische Werkstoffe . . . . .	46
1.3.	Elektrostatik . . . . .	49
1.3.1.	Isolierstoffe . . . . .	51

<b>1.4.</b>	<b>Wechselstrom . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>1.4.1.</b>	<b>Definition . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>1.4.2.</b>	<b>Periodische Wechselströme . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>1.4.3.</b>	<b>Harmonische Schwingung . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>1.4.4.</b>	<b>Zusammenschaltung von Wechselquellen . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>1.4.5.</b>	<b>Drehstromnetz . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>1.4.6.</b>	<b>FOURIER-Analyse . . . . .</b>	<b>56</b>
<b>1.4.7.</b>	<b>Beschreibung von Schwingungen . . . . .</b>	<b>58</b>
<b>1.4.8.</b>	<b>Entstehung von Oberwellen und Gleichrichtung . . . . .</b>	<b>60</b>
<b>1.4.9.</b>	<b>Messung von Wechselgrößen . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>1.5.</b>	<b>Grundbauelemente . . . . .</b>	<b>66</b>
<b>1.5.1.</b>	<b>Definition . . . . .</b>	<b>66</b>
<b>1.5.2.</b>	<b>Einschaltvorgänge . . . . .</b>	<b>67</b>
<b>1.5.3.</b>	<b>Rechteckströme . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>1.5.4.</b>	<b>Harmonische Ströme . . . . .</b>	<b>71</b>
<b>1.5.5.</b>	<b>Technische Kapazitäten . . . . .</b>	<b>72</b>
	<b>Allgemeines • Keramische Kondensatoren • Folienkondensatoren • Elektrolyt-</b>	
	<b>kondensatoren (Elko) • Vergleiche und Ergänzungen</b>	
<b>1.5.6.</b>	<b>Technische Induktivitäten . . . . .</b>	<b>80</b>
	<b>Grundlagen • Blechkernspulen • Ferritkernspulen • Offene Spulen</b>	
<b>1.6.</b>	<b>Transformatoren und Übertrager . . . . .</b>	<b>88</b>
<b>1.6.1.</b>	<b>Gegeninduktivität . . . . .</b>	<b>88</b>
<b>1.6.2.</b>	<b>Idealer Transformator . . . . .</b>	<b>90</b>
<b>1.6.3.</b>	<b>Verbessertes Ersatzschaltbild . . . . .</b>	<b>91</b>
<b>1.6.4.</b>	<b>Frequenzgang . . . . .</b>	<b>92</b>
<b>1.6.5.</b>	<b>Leistungstransformator . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>1.6.6.</b>	<b>Spartransformator . . . . .</b>	<b>93</b>
<b>1.6.7.</b>	<b>Variometer . . . . .</b>	<b>94</b>
<b>2.</b>	<b>Lineare Wechselstromschaltungen</b>	
<b>2.1.</b>	<b>Einführung . . . . .</b>	<b>95</b>
<b>2.2.</b>	<b>Einfache Zweipole . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>2.2.1.</b>	<b>Grundbauelemente . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Reihenschwingkreis . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Einschwingvorgänge . . . . .</b>	<b>99</b>
<b>2.2.4.</b>	<b>Pole und Nullstellen . . . . .</b>	<b>101</b>
<b>2.2.5.</b>	<b>Kreisdiagramm . . . . .</b>	<b>102</b>
<b>2.2.6.</b>	<b>Relative Bandbreite . . . . .</b>	<b>103</b>
<b>2.2.7.</b>	<b>Ergänzungen zu realen Bauelementen . . . . .</b>	<b>105</b>

<b>2.3.</b>	<b>Komplexe Spannungsteiler . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Einfache frequenzselektive Teiler . . . . .</b>	<b>106</b>
<b>2.3.2.</b>	<b>Schwingungskreissspannungsteiler . . . . .</b>	<b>108</b>
<b>2.3.3.</b>	<b>Frequenzunabhängige Teiler . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>2.3.4.</b>	<b><i>RC</i>-Siebglieder . . . . .</b>	<b>109</b>
<b>2.3.5.</b>	<b>Brückenschaltungen . . . . .</b>	<b>112</b>
<b>2.4.</b>	<b>Systemtheorie . . . . .</b>	<b>116</b>
<b>2.4.1.</b>	<b>Allgemein komplexe Frequenzen . . . . .</b>	<b>116</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>Allgemeine Systeme . . . . .</b>	<b>116</b>
<b>2.4.3.</b>	<b>Pol-Nullstellen-Plan . . . . .</b>	<b>118</b>
<b>2.4.4.</b>	<b>Einteilung der Systeme . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>2.4.5.</b>	<b>Potentialanalogien . . . . .</b>	<b>120</b>
<b>2.4.6.</b>	<b>Zulässige Zweipolfunktionen . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>2.5.</b>	<b>Theorie der Filter . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>2.5.1.</b>	<b>Allgemeine Einführung . . . . .</b>	<b>123</b>
<b>2.5.2.</b>	<b>Wellenparametertheorie . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>2.5.3.</b>	<b>Betriebsparametertheorie . . . . .</b>	<b>129</b>
	<b>Potenzfilter • TSCHERBYSCHEFF-Filter • CAUER-Filter und Vergleiche • HF-Bandfilter</b>	
<b>3.</b>	<b>Grundlagen der Halbleiterbauelemente</b>	
<b>3.1.</b>	<b>Eigenschaften von Halbleitermaterialien . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Bändermodell . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Leitungsmechanismen . . . . .</b>	<b>139</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Leiter, Halbleiter, Isolatoren . . . . .</b>	<b>141</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>FERMI-Verteilung. . . . .</b>	<b>141</b>
<b>3.1.5.</b>	<b>Zustandsdichte. . . . .</b>	<b>143</b>
<b>3.1.6.</b>	<b>Leitungsmechanismen. . . . .</b>	<b>147</b>
<b>3.2.</b>	<b>Der <i>pn</i>-Übergang . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>3.2.1.</b>	<b>Stromloser <i>pn</i>-Übergang. . . . .</b>	<b>149</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Stromdurchflossener <i>pn</i>-Übergang . . . . .</b>	<b>152</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Durchlaßbetrieb . . . . .</b>	<b>153</b>
<b>3.2.4.</b>	<b>Sperrbetrieb . . . . .</b>	<b>154</b>
<b>3.2.5.</b>	<b>Raumladekapazität . . . . .</b>	<b>156</b>
<b>3.2.6.</b>	<b>ZENER- und Avalanche-Effekt . . . . .</b>	<b>156</b>
<b>3.2.7.</b>	<b>Trägheit von <i>pn</i>-Übergängen . . . . .</b>	<b>158</b>
<b>3.2.8.</b>	<b><i>psn</i>-Struktur. . . . .</b>	<b>159</b>
<b>3.2.9.</b>	<b>Metall-Halbleiter-Kontakte . . . . .</b>	<b>160</b>

<b>3.3.</b>	<b>Feldeffekttransistoren . . . . .</b>	<b>161</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>Sperrschicht-FET . . . . .</b>	<b>163</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>MOSFET . . . . .</b>	<b>165</b>
<b>3.3.3.</b>	<b>Bändermodell beim MOSFET . . . . .</b>	<b>167</b>
<b>3.3.4.</b>	<b>Anreicherungs- und Verarmungstyp . . . . .</b>	<b>167</b>
<b>3.3.5.</b>	<b>Einfluß der Substratspannung und punch-through . . . . .</b>	<b>169</b>
<b>3.3.6.</b>	<b>Theorie der Ladungssteuerung . . . . .</b>	<b>170</b>
<b>3.3.7.</b>	<b>Kleinsignalverhalten und Ersatzschaltbild . . . . .</b>	<b>171</b>
<b>3.3.8.</b>	<b>Potentialtopfmodell . . . . .</b>	<b>173</b>
<b>3.4.</b>	<b>Bipolartransistoren . . . . .</b>	<b>174</b>
<b>3.4.1.</b>	<b>Grundmodell . . . . .</b>	<b>174</b>
<b>3.4.2.</b>	<b>Mathematisches Modell . . . . .</b>	<b>176</b>
<b>3.4.3.</b>	<b>Die vier Betriebszustände . . . . .</b>	<b>178</b>
<b>3.4.4.</b>	<b>Physikalisches Modell . . . . .</b>	<b>178</b>
<b>3.4.5.</b>	<b>Effektive Basisweite und punch-through . . . . .</b>	<b>179</b>
<b>3.4.6.</b>	<b>Kennlinien . . . . .</b>	<b>180</b>
<b>3.4.7.</b>	<b>Kleinsignalparameter . . . . .</b>	<b>181</b>
<b>4.</b>	<b>Technologiegrundlagen</b>	
<b>4.1.</b>	<b>Reinstsilicium und Einkristalle . . . . .</b>	<b>185</b>
<b>4.1.1.</b>	<b>Herstellung des Rohsiliciums . . . . .</b>	<b>185</b>
<b>4.1.2.</b>	<b>Physikalische Reinigung . . . . .</b>	<b>186</b>
<b>4.1.3.</b>	<b>Herstellung von Einkristallen . . . . .</b>	<b>187</b>
<b>4.1.4.</b>	<b>Herstellung der Scheiben . . . . .</b>	<b>190</b>
<b>4.2.</b>	<b>Oberflächenschichten . . . . .</b>	<b>193</b>
<b>4.2.1.</b>	<b>Epitaxie . . . . .</b>	<b>193</b>
<b>4.2.2.</b>	<b>Diffusion . . . . .</b>	<b>194</b>
<b>4.2.3.</b>	<b>Isolierschichten . . . . .</b>	<b>196</b>
<b>4.2.4.</b>	<b>Metallschichten . . . . .</b>	<b>198</b>
<b>4.2.5.</b>	<b>Ionenimplantation . . . . .</b>	<b>199</b>
<b>4.2.6.</b>	<b>Vergleich der Dotierungstechniken . . . . .</b>	<b>201</b>
<b>4.3.</b>	<b>Strukturierung . . . . .</b>	<b>202</b>
<b>4.3.1.</b>	<b>Fotolithografie . . . . .</b>	<b>202</b>
<b>4.3.2.</b>	<b>Standardmethode für Masken . . . . .</b>	<b>204</b>
<b>4.3.3.</b>	<b>Leicht abgewandelte Techniken . . . . .</b>	<b>205</b>
<b>4.3.4.</b>	<b>Elektronenstrahlolithografie . . . . .</b>	<b>206</b>
<b>4.3.5.</b>	<b>Röntgenstrahlolithografie . . . . .</b>	<b>208</b>
<b>4.3.6.</b>	<b>Zu physikalischen Grenzen . . . . .</b>	<b>208</b>

<b>4.4.</b>	<b>Epitaxie-Planartechnik . . . . .</b>	<b>208</b>
<b>4.4.1.</b>	<b>Strukturierung eines bipolaren Transistors . . . . .</b>	<b>209</b>
<b>4.4.2.</b>	<b>Strukturierung eines MOSFET . . . . .</b>	<b>211</b>
<b>4.5.</b>	<b>Herstellen der Bauelemente . . . . .</b>	<b>212</b>
<b>4.5.1.</b>	<b>Übergang zu den Chips . . . . .</b>	<b>212</b>
<b>4.5.2.</b>	<b>Gehäuseeinbau . . . . .</b>	<b>213</b>
<b>4.5.3.</b>	<b>Drahtbonden . . . . .</b>	<b>214</b>
<b>4.5.4.</b>	<b>Plastverkapselung . . . . .</b>	<b>215</b>
<b>5.</b>	<b>Bauelemente — Eigenschaften und Grundsaltungen</b>	
<b>5.1.</b>	<b>Halbleiterwiderstände . . . . .</b>	<b>217</b>
<b>5.1.1.</b>	<b>Halbleitermaterial . . . . .</b>	<b>217</b>
<b>5.1.2.</b>	<b>FET-Widerstände . . . . .</b>	<b>220</b>
<b>5.1.3.</b>	<b>Heißeiter . . . . .</b>	<b>220</b>
<b>5.1.4.</b>	<b>Kaltleiter . . . . .</b>	<b>223</b>
<b>5.1.5.</b>	<b>Varistoren . . . . .</b>	<b>224</b>
<b>5.2.</b>	<b>Kapazitäten . . . . .</b>	<b>225</b>
<b>5.3.</b>	<b>Induktivitäten . . . . .</b>	<b>227</b>
<b>5.4.</b>	<b>Dioden . . . . .</b>	<b>228</b>
<b>5.4.1.</b>	<b>Bauarten . . . . .</b>	<b>230</b>
<b>5.4.2.</b>	<b>Kennlinien und Daten . . . . .</b>	<b>232</b>
<b>5.4.3.</b>	<b>Grundlagen der Gleichrichtung . . . . .</b>	<b>234</b>
<b>5.4.4.</b>	<b>Gleichrichterschaltungen . . . . .</b>	<b>236</b>
<b>5.4.5.</b>	<b>Stabilisation von Spannungen . . . . .</b>	<b>239</b>
<b>5.4.6.</b>	<b>Spannungsbegrenzung . . . . .</b>	<b>240</b>
<b>5.4.7.</b>	<b>Demodulation von Amplitudenmodulation. . . . .</b>	<b>241</b>
<b>5.4.8.</b>	<b>Zwei Frequenzen an nichtlinearer Kennlinie . . . . .</b>	<b>241</b>
<b>5.4.9.</b>	<b>Ringmodulator. . . . .</b>	<b>243</b>
<b>5.5.</b>	<b>Feldeffekttransistoren . . . . .</b>	<b>247</b>
<b>5.5.1.</b>	<b>Verstärkung und Ersatzschaltbilder . . . . .</b>	<b>249</b>
<b>5.5.2.</b>	<b>Arbeitspunkt und Arbeitskennlinie . . . . .</b>	<b>250</b>
<b>5.5.3.</b>	<b>RC-Verstärker . . . . .</b>	<b>251</b>
<b>5.5.4.</b>	<b>Güte . . . . .</b>	<b>254</b>
<b>5.5.5.</b>	<b>Arbeitskennlinie bei komplexem Arbeitswiderstand . . . . .</b>	<b>255</b>
<b>5.5.6.</b>	<b>Resonanz- und Breitbandverstärker . . . . .</b>	<b>256</b>
<b>5.5.7.</b>	<b>Kettenverstärker . . . . .</b>	<b>257</b>
<b>5.5.8.</b>	<b>Technologien spezieller FET . . . . .</b>	<b>258</b>

<b>5.6.</b>	<b>Bipolartransistor</b> . . . . .	<b>262</b>
<b>5.6.1.</b>	<b>Die drei Schaltungen</b> . . . . .	<b>262</b>
<b>5.6.2.</b>	<b>Betriebswerte</b> . . . . .	<b>264</b>
<b>5.6.3.</b>	<b>Kennlinien und Arbeitspunkt</b> . . . . .	<b>267</b>
	Näherungsbetriebswerte • Arbeitspunkt im Kennlinienfeld • Einstellung des Arbeitspunktes	
<b>5.6.4.</b>	<b>Ersatzschaltbilder</b> . . . . .	<b>269</b>
	Vielzahl der Ersatzschaltbilder • Frequenzgang	
<b>5.6.5.</b>	<b>Transistortechnologien</b> . . . . .	<b>272</b>
	Einteilungen • Isoliertechnologien • Struktur der <i>pn</i> -Übergänge • Flächenstruktur	
<b>5.7.</b>	<b>Grenzdaten</b> . . . . .	<b>279</b>
<b>5.7.1.</b>	<b>Rauschen</b> . . . . .	<b>281</b>
	Allgemeine Grundlagen • Rauschursachen • Rauschkennzahlen • Diode • FET • Bipolarer Transistor	
<b>5.7.2.</b>	<b>Restströme</b> . . . . .	<b>287</b>
	Restströme des bipolaren Transistors • Temperatureinflüsse	
<b>5.7.3.</b>	<b>Minimalabmessungen</b> . . . . .	<b>289</b>
<b>5.7.4.</b>	<b>Beseitigung äußerer Störungen</b> . . . . .	<b>291</b>
	Erdung • Schirmung • Symmetrierung • Netzstörungen	
<b>5.7.5.</b>	<b>Obere Grenzen, Schaltverhalten</b> . . . . .	<b>295</b>
	Spannungsgrenzen • Schaltverhalten • Schalten von Blindlast • Zweiter Durchbruch • Sicherer Arbeitsbereich	
<b>5.7.6.</b>	<b>Wärmeableitung</b> . . . . .	<b>300</b>
	Thermische Grundlagen • Elektrische Analogie • Beispiele für Wärmewiderstände • Wärmeleitrohr • Impulsärmewiderstand • Thermische Stabilität	
<b>5.7.7.</b>	<b>Leistungsgrenzen</b> . . . . .	<b>311</b>
<b>6.</b>	<b>Bauelemente spezieller Gebiete</b>	
<b>6.0.</b>	<b>Überblick</b> . . . . .	<b>312</b>
<b>6.1.</b>	<b>Optoelektronik</b> . . . . .	<b>314</b>
<b>6.1.1.</b>	<b>Lichttechnische Größen und allgemeine Grundlagen</b> . . . . .	<b>314</b>
	Maßeinheiten • Schwarzer Strahler • Farbmetrik • Optische Darstellungen • Ergonomische Grundlagen	
<b>6.1.2.</b>	<b>Halbleiter-Fotoempfänger</b> . . . . .	<b>325</b>
	Allgemeine Grundlagen • Detektivität • Einteilung der Fotoeffekte • Fotowiderstände • Fotoelemente • Fotodioden • Weitere Fotoempfänger	
<b>6.1.3.</b>	<b>Leucht- und Laserdioden</b> . . . . .	<b>334</b>
	Grundlagen der Lumineszenzdioden • Aufbau und Daten von Lumineszenzdioden • Laserprinzip • Halbleiterlaser	
<b>6.1.4.</b>	<b>Optokoppler und Lichtschranken</b> . . . . .	<b>346</b>

6.1.5.	Bauelemente mit Ladungskopplung . . . . .	347
	Drei- und Zweiphasenbetrieb • Verluste, Grenzen und Anwendungen • Lichtsensoren	
6.1.6.	Flüssigkristalle . . . . .	353
	Aufbau und Arbeitsweise von TN-Zellen • Fluoreszenzaktiviertes Display	
6.1.7.	Weitere Anzeigetechniken . . . . .	361
	Lumineszenzzellen • Elektrochemische Anzeigen • Ferroelektrische Keramik • Magnetische Anzeigen	
6.1.8.	Vergleich von Anzeigen . . . . .	365
6.1.9.	Lichtleitfasern . . . . .	366
	Dämpfung • Typen von Fasern	
6.2.	Vakuumelektronik . . . . .	370
6.2.1.	Grundlagen . . . . .	372
	Emission von Elektronen • Fotoemission • Thermoemission • Ströme einer Röhre • Bewegung und Ablenkung von Elektronen • Leuchtstoffe	
6.2.2.	Lichtempfindliche Röhren . . . . .	386
	Fotozellen und SEV • Bildwandler, Bildverstärker • Bildaufnahmeöhren	
6.2.3.	Anzeige- und Bildröhren. . . . .	390
	Digitron (Fluoreszenzanzeigeröhre) • Oszillographenröhre • Sichtspeicheröhre • Bildröhre • Farbbildröhre	
6.2.4.	Plasmabauelemente. . . . .	400
	Grundlagen • Ziffernanzeigeröhren und Plasmapanels	
6.3.	Mechano- und Akustoelektronik . . . . .	404
6.3.1.	Überblick . . . . .	404
6.3.2.	Relais . . . . .	406
6.3.3.	Meßinstrumente . . . . .	410
	Drehspulinstrument • Dynamometer • Dreheiseninstrument • Elektrostatische Instrumente • Zungenfrequenzmesser • Registrierinstrumente, XY-Schreiber und Plotter	
6.3.4.	Wandler, Resonanzen und Filter . . . . .	413
	Magnetostriktion • Piezoeffekt • Mechanische Resonanzen, Quarze • Mechanische Filter	
6.3.5.	Oberflächenwellen (OFW) . . . . .	428
	Eigenschaften von OFW-Filtern • Bauelemente mit OFW	
6.4.	Leistungselektronik . . . . .	432
6.4.1.	Geschichtliche Entwicklung und Anwendungsgebiete . . . . .	432
6.4.2.	Vierschichtdiode als Grundlage . . . . .	435
6.4.3.	Thyristor . . . . .	437
6.4.4.	Familie der Thyristorbauelemente . . . . .	439
6.4.5.	Sonderbauelemente für Thyristoren . . . . .	441
6.4.6.	Ausgewählte Schaltungen . . . . .	444
6.4.7.	Vergleich mit anderen Leistungsbauelementen . . . . .	445

<b>6.5.</b>	<b>Sensoren</b> . . . . .	<b>446</b>
<b>6.5.1.</b>	<b>Überblick</b> . . . . .	<b>446</b>
<b>6.5.2.</b>	<b>Magnetische Sensoren</b> . . . . .	<b>448</b>
	<b>HALL-Effekt • Feldplatte • Magnetdioden • WIEGAND-Sensor</b>	
<b>6.5.3.</b>	<b>Dehnungsmeßstreifen (DMS)</b> . . . . .	<b>453</b>
<b>6.5.4.</b>	<b>Tasten</b> . . . . .	<b>454</b>
<b>6.6.</b>	<b>Mikrowellenbauelemente</b> . . . . .	<b>456</b>
<b>6.6.1.</b>	<b>Tunneldioden</b> . . . . .	<b>456</b>
<b>6.6.2.</b>	<b>Backwarddioden</b> . . . . .	<b>457</b>
<b>6.7.</b>	<b>Tieftemperaturelektronik</b> . . . . .	<b>458</b>
<b>7.</b>	<b>Analoge Schaltungen</b>	
<b>7.1.</b>	<b>Rückkopplung</b> . . . . .	<b>461</b>
<b>7.1.1.</b>	<b>Phasenreine Rückkopplung</b> . . . . .	<b>463</b>
	<b>Kennwerte • Änderungen im Kennlinienfeld • Negativer Innenwiderstand • Verstärkung und Stabilität • Nichtlinearitäten</b>	
<b>7.1.2.</b>	<b>Frequenzabhängige Rückkopplungen</b> . . . . .	<b>470</b>
	<b>Frequenzselektive Verstärker • Schwingungserzeugung • Grenzen der Gegenkopplung</b>	
<b>7.1.3.</b>	<b>Pendelrückkopplung</b> . . . . .	<b>474</b>
<b>7.1.4.</b>	<b>Elektronisch erzeugte Bauelemente</b> . . . . .	<b>475</b>
	<b>Elektronische Eingangswiderstände • Elektronische Ausgangswiderstände • Impedanzkonverter, Gyrator • Vollständigkeit der passiven Bauelemente</b>	
<b>7.1.5.</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	<b>480</b>
<b>7.2.</b>	<b>Modulationen</b> . . . . .	<b>481</b>
<b>7.2.1.</b>	<b>Stetige Modulationen</b> . . . . .	<b>482</b>
	<b>Amplitudenmodulation • Frequenz- und Phasenmodulation</b>	
<b>7.2.2.</b>	<b>Pulsmodulationen</b> . . . . .	<b>486</b>
<b>7.2.3.</b>	<b>Quantisierte Signale</b> . . . . .	<b>488</b>
<b>7.3.</b>	<b>Einfache Analogschaltungen</b> . . . . .	<b>489</b>
<b>7.3.0.</b>	<b>Allgemeiner Überblick</b> . . . . .	<b>489</b>
<b>7.3.1.</b>	<b>Einstufige Schaltungen</b> . . . . .	<b>490</b>
	<b>Einstufiger Verstärker • Konstant-Stromquellen • Konstant-Spannungsquellen und Siebung • Einstellbare Z-Diode und Umkehrung von NTC-Widerständen</b>	
<b>7.3.2.</b>	<b>Mehrstufige Gleichstromverstärker</b> . . . . .	<b>498</b>
	<b>DARLINGTON-Transistoren • Kaskodeverstärker • WHITE-Folger und ähnliche Schaltungen • Schaltungen mit großer Verstärkung • Stabiler Innenwiderstand Null</b>	
<b>7.3.3.</b>	<b>Differenzverstärker</b> . . . . .	<b>504</b>
	<b>Einführung • Grundsaltung • Gleichphasiger Ausgang • Schaltungsvarianten • NORTHON-Verstärker</b>	



7.3.4.	Grundsaltungen für IC. . . . .	509
	Prinzipien der analogen IC • Stromspiegel • Potentialverschiebestufen • Spannungsquellen	
7.3.5.	Weitere Stromquellen . . . . .	514
7.3.6.	Transmissionsgatter, Multiplexer, Sample-hold . . . . .	515
7.3.7.	Oszillatorschaltungen . . . . .	516
	Sinusoszillatoren • Rechteckgeneratoren • Sägezahn- bzw. Dreieckgeneratoren	
7.3.8.	Impulsschaltungen . . . . .	521
	Überblick • Monostabiler Multivibrator • Begrenzer, Komparator, SCHMITT-Trigger • Pulslängenmodulator	
7.4.	Ausgangsstufen und Leistungsverstärker . . . . .	526
7.4.1.	Allgemeine Grundlagen . . . . .	526
	Grenzen der Ausgangsflächen • Bedeutung der Ausgangsfläche • Leistungsumsatz	
7.4.2.	Endstufe mit nur einem Transistor . . . . .	528
	Optimaler Arbeitswiderstand • Kollektor- und Emitterschaltung • Leistungsbilanzen • Verschiedene Betriebsfälle • Induktiv überbrückter Arbeitswiderstand • Gleitende Arbeitspunktverlagerung	
7.4.3.	Gegentaktendstufen . . . . .	534
	Prinzip; Gegentakt-A-Betrieb • Idealer B-Betrieb • Grafische Dimensionierung • Übernahmeverzerrungen; AB-Betrieb • Verzerrungen bei Gegentakt-schaltungen • Nichtsinusförmige Steuersignale	
7.4.4.	Praktischer Aufbau von Gegentaktendstufen . . . . .	540
	Einstellung des Ruhestromes • Steuerstufen • Mittenspannung der Endstufe • Quasikomplementäre Endstufen • Schutzschaltungen	
7.4.5.	Ausgewählte integrierte Endstufen . . . . .	545
	A 211 D • A 210 D bzw. K • MDA 2010 bzw. MDA 2020	
7.4.6.	Weitere Prinzipien . . . . .	551
	C-Endstufe • D-Verstärker • Umschaltung zwischen zwei Endstufen • Spezielle Transistorverzerrungen	
7.5.	Operationsverstärker . . . . .	554
7.5.1.	Einführung . . . . .	554
	Zur Geschichte • Der ideale Operationsverstärker	
7.5.2.	A 109 . . . . .	555
	Die Innenschaltung • Layout • Statische Kenndaten und Eigenschaften	
7.5.3.	Frequenzgang und -korrektur . . . . .	559
	Äußere Beschaltung • Äußere Beschaltung mit $R$ , $C$ , $R$ • Innere Korrektur • Sprungantwort • Optimale Anschaltung der Korrekturglieder • Slew-Rate • Beispiel A 109	
7.5.4.	Ausgewählte Operationsverstärker . . . . .	564
	$\mu$ A 741/748/777 • Programmierbare Typen B 176 D, B 177 D und $\mu$ A 776 • Maskenprogrammierbare Typen • BIFET-Operationsverstärker	
7.5.5.	Die beiden Grundsaltungen des Operationsverstärkers . . . . .	569
7.5.6.	Einfache lineare Schaltungen . . . . .	573

<b>7.5.7.</b>	<b>Nichtlineare Schaltungen . . . . .</b>	<b>574</b>
	Logarithmische und exponentielle Verstärker • Funktionsgeneratoren mit Beispiel für Sinus • Multiplikatoren • Gleichrichterschaltungen • Ringmodulatorschaltungen • Begrenzer, Komparator und SCHMITT-Trigger • Modulations- bzw. Chopperverstärker • Multivibratoren und Funktionsgeneratoren	
<b>7.5.8.</b>	<b>Aktive Filter . . . . .</b>	<b>586</b>
	Einsverstärker • Angefachte Einsverstärkerschaltungen • Mit invertierendem Verstärker • Allpässe und Breitbandphasenschieber	
<b>7.6.</b>	<b>Stabilisierte Stromversorgungen . . . . .</b>	<b>591</b>
<b>7.6.1.</b>	<b>Grundprinzipien . . . . .</b>	<b>591</b>
	Kenngößen • Störwertaufschaltungen	
<b>7.6.2.</b>	<b>Spannungsregler . . . . .</b>	<b>594</b>
<b>7.6.3.</b>	<b>Schutzschaltungen . . . . .</b>	<b>596</b>
<b>7.6.4.</b>	<b>Integrierte Schaltkreise . . . . .</b>	<b>598</b>
	Spannungsregler MAA 723 • Festspannungsregler MA 78XX	
<b>7.6.5.</b>	<b>Stromregler . . . . .</b>	<b>603</b>
<b>7.6.6.</b>	<b>Geschaltete Stromversorgungen . . . . .</b>	<b>604</b>
	Allgemeine Grundlagen • Prinzip des Durchflußwandlers • Prinzip des Sperrwandlers • Weitere Prinzipien • Vor- und Nachteile • Eisenloser Gleichspannungswandler • Integrierte Ansteuerschaltkreise	
<b>7.7.</b>	<b>Ausgewählte Gebiete zur Meßtechnik . . . . .</b>	<b>610</b>
<b>7.7.1.</b>	<b>Grundlagen des Messens . . . . .</b>	<b>610</b>
	Grundbegriffe • Meßkette • Maßeinheiten • Logarithmische Maße • Meßmethoden • Dem Messen verwandte Methoden	
<b>7.7.2.</b>	<b>Einfache Meßschaltungen . . . . .</b>	<b>616</b>
	Messung von Gleichwerten • Korrektur des Rückwirkungsfehlers • Widerstandsmessung • Wechselstrommessung und Vielfachinstrumente • Meßverstärker	
<b>7.7.3.</b>	<b>Ausgewählte komplexe Meßschaltungen . . . . .</b>	<b>624</b>
	Allgemeines Meßprinzip • Frequenzbereichfilterung • Beispiele aus der Audio-technik • Trägerfrequenzverfahren und phasenempfindlicher Gleichrichter • Periodische Eingangssignale und Akkumulation • Auto- und Kreuzkorrelation • Phasenregelkreis (PLL) • Impulsverdichtung	
<b>7.7.4.</b>	<b>Oszillographentechnik. . . . .</b>	<b>630</b>
	Ellipsenauswertung • Untersuchung von Nichtlinearitäten • Prinzipaufbau von Oszillographen • Beispiel: gedämpfte Schwingung • Dreidimensionale Oszillographie • Mehrstrahl-, Sampling- und Projektionsoszillograph • Digital- und Speicheroszillograph	
<b>7.7.5.</b>	<b>Meßwert- und Datenspeicherung . . . . .</b>	<b>637</b>
	Magnetbandspeicherung • Folienspeicher, Floppy disc	
<b>7.8.</b>	<b>Ladung verschiebende Schaltungen . . . . .</b>	<b>639</b>
<b>7.8.1.</b>	<b>Eimerkettenspeicher . . . . .</b>	<b>641</b>
<b>7.8.2.</b>	<b>Ladung rückwärts, Information vorwärts . . . . .</b>	<b>641</b>
<b>7.8.3.</b>	<b>Störeinflüsse . . . . .</b>	<b>643</b>
<b>7.8.4.</b>	<b>FET-Eimerkette . . . . .</b>	<b>643</b>

<b>7.9.</b>	<b>Nichtklassische Filter . . . . .</b>	<b>644</b>
<b>7.9.1.</b>	<b>Abgrenzung und Überblick . . . . .</b>	<b>644</b>
<b>7.9.2.</b>	<b>Grundlagen der Verzweigungsnetzwerke . . . . .</b>	<b>646</b>
<b>7.9.3.</b>	<b>Grundgleichungen . . . . .</b>	<b>647</b>
<b>7.9.4.</b>	<b>Prinzip der Abtastfilter . . . . .</b>	<b>647</b>
<b>7.9.5.</b>	<b>Beschreibung mittels z-Transformation . . . . .</b>	<b>649</b>
<b>7.9.6.</b>	<b>Beispiel: CCD-Filter . . . . .</b>	<b>651</b>
<b>7.9.7.</b>	<b>SC-Filter . . . . .</b>	<b>651</b>
<b>7.9.8.</b>	<b>Grober Vergleich der Filtertypen . . . . .</b>	<b>653</b>
<b>8.</b>	<b>Digitale Schaltungen</b>	
<b>8.1.</b>	<b>Kodes und Zahlendarstellungen. . . . .</b>	<b>654</b>
<b>8.1.1.</b>	<b>Zum Begriffspaar analog — digital . . . . .</b>	<b>654</b>
	Analogie, analog • Kontinuierlich, stetig • Diskret • Quantisiert • Digital, dual, binär • Struktur der Begriffe • Vorteile analoger und digitaler Technik	
<b>8.1.2.</b>	<b>Zahlensysteme . . . . .</b>	<b>659</b>
<b>8.1.3.</b>	<b>Bezeichnungsaufwand. . . . .</b>	<b>660</b>
<b>8.1.4.</b>	<b>Kodierungen. . . . .</b>	<b>661</b>
	BCD-Zahlen • Tetradenkodes • Kodeeigenschaften • Prüfbare Kodes • Fehlerkorrigierende Kodes • Byte, Kbyte • Zahlen mit Vorzeichen • Gleitkommazahlen • Kodierung von Buchstaben, Befehlen usw.	
<b>8.2.</b>	<b>Kombinatorische Schaltungen . . . . .</b>	<b>668</b>
<b>8.2.1.</b>	<b>Mathematische Grundlagen . . . . .</b>	<b>669</b>
	Aussagenlogik • Abstrakte Algebra • Mengentheorie	
<b>8.2.2.</b>	<b>BOOLEsche Algebra . . . . .</b>	<b>672</b>
	Mögliche Funktionen • Vielzahl der Darstellungsformen • Mögliche Grundfunktionen • Höherstellige Funktionen • Schwellenwertlogik • Rechenregeln • Normalformen • Minimierung • Schaltungen mit mehreren Ausgängen	
<b>8.2.3.</b>	<b>Prinzipien technischer Realisierungen . . . . .</b>	<b>683</b>
	Diodenschaltungen • Transistor als Negator • Positive und negative Logik • Pegelbereiche und Fan-out • Innere und äußere Logik	
<b>8.2.4.</b>	<b>TTL-Technik . . . . .</b>	<b>688</b>
	Die typische Eingangsstufe • Ausgangsstufe der Standard-TTL • Kennwerte der Standard-TTL • Weitere Ausgangsstufen • Teilschaltungen zur Verbesserung • Schaltzeit-Leistungsprodukt; TTL-Familien	
<b>8.2.5.</b>	<b>ECL-Technik . . . . .</b>	<b>698</b>
<b>8.2.6.</b>	<b>I<sup>2</sup>L-Technik . . . . .</b>	<b>700</b>
	Das Wirkprinzip • Logische Verknüpfungen • Injektionsquellen • Schaltzeiten und Injektorstromstärke • Weiterentwicklungen	
<b>8.2.7.</b>	<b>MOS-Techniken . . . . .</b>	<b>704</b>
	p- und n-MOS-Technik • Prinzipieller Aufbau der Gatter und Logik • CMOS-Schaltungen • CMOS-Technologien • SOS-Technik	

8.2.8.	Ausgewählte Beispiele. . . . .	709
	Koder — Dekoder • BCD-7-Segment-Dekoder • Multiplexer — Demultiplexer • Vergleicher • Adder • Arithmetisch-logische Einheiten: ALU • Programmierbare Felder: PLA	
8.2.9.	Ergänzungen und Vergleiche . . . . .	721
	Kontaktprellen • Hazards • Entwicklungsgeschichte und Vergleich	
8.3.	Speicherschaltungen . . . . .	723
8.3.1.	Allgemeine Grundlagen . . . . .	723
	Speicherfunktionen • Eigenschaften von Speichern	
8.3.2.	Organisationsformen . . . . .	730
8.3.3.	Bipolare Speicher . . . . .	732
	Latch, Speicherzelle • Statisches RAM, 16 bit, Typ D 181 • 1 <sup>2</sup> L-Speicher • Weitere Speicherzellen, minimaler Strom	
8.3.4.	MOS-Speicher . . . . .	738
	Statische Speicherzellen • Statischer (1 K × 1 bit)-MOS-Speicher 2102 • Ein VMOS-(2 K × 8 bit)-Speicher • Absenkung der Verlustleistung bei statischen RAM • Dynamische Speicherzellen • Dynamisches 16-K-RAM U256 D bzw. 4116 • Entwicklung zu hohen Kapazitäten, Redundanz • Soft-Errors	
8.3.5.	Programmierbare Speicher — Festwertspeicher . . . . .	749
	Überblick, Definition • ROM • PROM • Floating gate = FG • EPROM • E <sup>2</sup> PROM • EAROM bzw. MNOS • NVRAM	
8.3.6.	Umlaufspeicher . . . . .	757
	CCD-Speicher • Bubbles	
8.3.7.	Assoziativspeicher . . . . .	761
	Grundprinzip • Typische assoziative Speicherzellen • Assoziative Festwertspeicher	
8.3.8.	Kellerspeicher . . . . .	764
8.4.	Grundlagen sequentieller Schaltungen . . . . .	765
8.4.1.	Zwei Modelle zur Analyse . . . . .	765
	Erstes Versuchsgerät • MEALY- und MOORE-Automat	
8.4.2.	Beschreibungsmethoden . . . . .	768
8.4.3.	PETRI-Netze . . . . .	769
8.4.4.	Formale Beschreibung . . . . .	771
8.4.5.	Typen von Automaten . . . . .	772
8.4.6.	Beispiel: Steuerung für ein Magnetbandgerät . . . . .	773
8.4.7.	Entwurfsprinzipien . . . . .	775
8.4.8.	Fehler: Race und Rückkopplungshazards . . . . .	776
8.5.	Einfache sequentielle Schaltungen. . . . .	777
8.5.1.	Impulsschaltungen . . . . .	777
8.5.2.	Flipflop . . . . .	779
	Funktionen von FF • Universelles FF, D-FF und T-FF • Anzahl der möglichen FF • Takt- und Vorbereitungseingang • JK-FF • Master-Slave-FF • Realisierte Beispiele für DV-FF und JK-MS-FF	

8.5.3.	<b>Frequenzteiler</b> . . . . .	785
	Asynchrone Frequenzteiler • Synchrone Frequenzteiler	
8.5.4.	<b>Zählerschaltungen</b> . . . . .	788
	Grundprinzip • Ringzähler • JOHNSON-Zähler • Dualzähler • BCD-Zähler	
8.5.5.	<b>Register</b> . . . . .	794
	Überblick • Pufferregister • Betriebsarten statischer Schieberegister • Beispiele statischer Schieberegister • Realisierungstechniken • Quasistatische Register • Dynamische Register • Erzeugung pseudozufälliger Folgen	
8.5.6.	<b>Einfache Rechnerschaltungen</b> . . . . .	802
	Vielfalt der Schaltungen für eine Funktion • Register für Rechenschaltungen • Addition mit Schieberegister • Multiplikation und Division mit 2 • Multiplikation: Beispiel	
8.5.7.	<b>Zur Datenübertragung</b> . . . . .	806
	Handshake-Prinzip • Bussysteme	
8.6.	<b>Mikrorechentechnik</b> . . . . .	808
8.6.1.	<b>Einführung und Abgrenzung</b> . . . . .	808
	Mikroelektronik, -rechner, -prozessor • Anwendung der Rechentechnik • Klassischer Rechenautomat • Ablauf einer Rechnung • Hard- und Software • Größeneinteilung von Rechnern • Grenzen der Rechentechnik • Zur Geschichte der Rechentechnik	
8.6.2.	<b>Mikroprozessoren</b> . . . . .	824
	Zusammenwirken mit anderen Baugruppen • Innerer Aufbau • Gewinnung und Aufteilung des Befehlswortes: Befehlstypen • Transportbefehle • ALU-Befehle • Ein-, Ausgabe • Steuerbefehle • Adressierungstypen • Registeranordnungen und -typen	
8.6.3.	<b>U 880—Z 80</b> . . . . .	843
	Aufbau der Hardware • Zeitverhalten • Verschiedene Darstellungen des Befehlssatzes • Alphabetische Ordnung der Befehlsgruppen • Ordnung nach Befehlsgruppen • Ordnung nach Hex-Kode • Zusätzliche Befehle	
8.6.4.	<b>Interrupt-Prinzipien</b> . . . . .	863
	Einfaches Interrupt • Mehrfache Interrupts • Realisierungstechniken • Interrupt-System des U 880	
8.6.5.	<b>Peripherieschaltungen</b> . . . . .	867
	PIO U 855 • SIO U 856 • CTC U 857 • U 880-DMA • Arithmetikprozessoren • Tastatur- und Anzeigenanschlüsse • Fernseh-Interface • Speicher-Interface	
8.6.6.	<b>Bedeutung der Informationen</b> . . . . .	885
8.6.7.	<b>Geschichte der Mikroprozessoren</b> . . . . .	886
	Vom 4004 zum Z 80 und 6502 • Marktanteile und Tendenzen	
8.7.	<b>Standard-Busse; Standard-Interface</b> . . . . .	888
8.7.1.	<b>Überblick</b> . . . . .	888
8.7.2.	<b>Kettenförmiges System SI 1.2</b> . . . . .	891
8.7.3.	<b>Sternförmige Systeme</b> . . . . .	892
	Sif 1000 • S-100-Bus; IEEE 696 • Weitere Mikrorechnerbusse	
8.7.4.	<b>Linienförmige Systeme</b> . . . . .	893
	IEC-Bus • SI 2.2; SIAL • CAMAC	

8.7.5.	Serielle Systeme . . . . .	901
	V.24 und RS 232 • PDV-Bus • HP-IL-Bus	
8.7.6.	Vergleich von Bussen . . . . .	908
8.8.	Software . . . . .	908
8.8.1.	Allgemeine Grundlagen der Programmierung . . . . .	908
	Effizienz und Top-down • Strukturierte Programmierung und deren Grund- elemente • Verzweigungen • Schleifen • Datenstrukturierung • Unterpro- gramme	
8.8.2.	Einteilung der Software . . . . .	914
	Beispielprogramm Addition • Arten von Programmen	
8.8.3.	Maschinennahe Programmierung . . . . .	917
	Assembler • Testhilfen	
8.8.4.	Grundsoftware . . . . .	920
8.8.5.	Höhere Programmiersprachen . . . . .	921
	Compiler und Interpreter • Verschiedene Programmiersprachen	
8.8.6.	Programmieren auf anderen Rechnern . . . . .	924
8.8.7.	Zusammenfassung . . . . .	925
8.9.	Speicherschaltungen und Sonderrechner . . . . .	926
8.9.1.	Systematik digitaler Schaltungen; Anwendungen des Mikroprozessors . . . .	926
8.9.2.	Mikroprogrammierung . . . . .	926
8.9.3.	Gegenseitige Ersetzbarkeit binärer Schaltungen . . . . .	928
8.9.4.	Kundenwunschsaltungen . . . . .	930
8.9.5.	Vergleich von Anwendungen . . . . .	932
8.9.6.	Taschenrechner . . . . .	934
8.9.7.	Spezialrechner . . . . .	936
	Problemstellung • Pipelining • Feldrechner • Baumstruktur • Parallelität auf höherer Ebene	
9.	Spezielle Gebiete	
9.1.	Digital-Analog-Wandler . . . . .	940
9.1.1.	Schalterprinzip. . . . .	941
9.1.2.	Prinzip der Kondensatorentladung . . . . .	942
9.1.3.	Impulsdauerprinzip . . . . .	943
9.1.4.	Multiplizierende DA-Wandler . . . . .	944
9.2.	Analog-Digital-Wandler . . . . .	944
9.2.1.	Grundlagen . . . . .	944
9.2.2.	AD- mit DA-Wandlern . . . . .	945
9.2.3.	Direkte Wandlung . . . . .	946
9.2.4.	Wegumsetzer . . . . .	947
9.2.5.	Wandler auf Zeitbasis . . . . .	947

9.2.6.	Wandler mittels Spannungs-Frequenz-Wandler . . . . .	948
9.2.7.	Wägeprinzip . . . . .	949
9.2.8.	Prinzip der Ladungsübertragung . . . . .	950
9.2.9.	Vergleich von ADU . . . . .	951
9.3.	Digitalfilter . . . . .	952
9.3.1.	Prinzip . . . . .	952
9.3.2.	Beispiel . . . . .	953
9.3.3.	Vor- und Nachteile . . . . .	954
9.3.4.	Signalprozessor 2920 . . . . .	955
9.4.	Sondertechnologien . . . . .	958
9.4.1.	Überblick . . . . .	958
9.4.2.	Substrate . . . . .	964
9.4.3.	Spezialbauelemente . . . . .	965
	Überblick und Standardmethoden • Beam-lead • TFT	
9.4.4.	Dickschichttechnik . . . . .	968
	Pastensysteme • Herstellungsprozeß • Eigenschaften der hergestellten Bauelemente	
9.4.5.	Dünnschichttechnik . . . . .	971
	Aufdampftechnik • Sputtern • NiCr-System • Tantalssystem	
9.4.6.	Abgleich von $R$ und $C$ . . . . .	973
9.4.7.	Kapselung der Schaltungen . . . . .	974
9.4.8.	Vergleich mit anderen Techniken . . . . .	975
9.4.9.	Bedeutung diskreter Bauelemente . . . . .	975
9.5.	Zuverlässigkeit . . . . .	976
9.5.1.	Problembereich . . . . .	976
9.5.2.	Grundlagen . . . . .	977
	Fehlerverteilung, Ausfallrate • Bauteile und Systeme • Wartung und Reserve	
9.5.3.	Ursachen und Einflüsse . . . . .	982
	Analyse der Ursachen • Auswirkungen äußerer Einflüsse • Betriebsbelastungen	
9.5.4.	Werte der Ausfallrate . . . . .	987
9.5.5.	Zeitraffende Methoden und Frühausfälle . . . . .	989
9.5.6.	Strahlung, EMV, EMP . . . . .	990
	Korpuskel- und $\gamma$ -Strahlung • EMV • Geschichte des EMP • Wirkungsmechanismus des EMP • Schutz gegen EMP	
9.5.7.	Software . . . . .	994
	Einteilung möglicher Fehler • Qualitätsmerkmale • Zuverlässigkeit	
9.6.	Einige Grundlagen der Informationstheorie . . . . .	997
9.6.1.	Kanalmodell . . . . .	997

9.6.2.	Entropie . . . . .	998
	Gleichverteilung • Unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten • Eine anschauliche Herleitung • Verlauf von $-p \log p$ • Binäre Quelle • Ternäre Quelle • Kontinuierliche Quelle • Verbundentropie	
9.6.3.	Abläufe in der Zeit . . . . .	1005
	Abtasttheorem • Kanalkapazität • Information und Energie	
10.	Verzeichnisse	
10.1.	Bücherverzeichnis . . . . .	1008
10.2.	Abkürzungsverzeichnis . . . . .	1020
10.3.	Verzeichnis der Bauelemente . . . . .	1024
10.4.	Sachwortverzeichnis . . . . .	1025