

# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

1. Grundlagen	1
1.1 Der Widerstand und das Ohmsche Gesetz	1
1.1.1 Reale Widerstände	2
1.1.2 Technische Ausführung	2
1.2 Der Kondensator	5
1.2.1 Plattenkondensator und elektrisches Feld	5
1.2.2 Kapazität zwischen beliebigen Leitern; Abschirmung	8
1.2.3 Technische Ausführung von Kondensatoren	9
1.3 Induktion, magnetische Wechselwirkung	9
1.4 Halbleiterbauelemente	10
1.4.1 Die Halbleiterdiode	11
1.4.2 Der Transistor	11
1.4.3 Der Feldeffekttransistor	12
1.5 Verknüpfung einzelner Bauelemente	12
1.5.1 Die Kirchhoffschen Gesetze	12
1.5.2 Serien- und Parallelschaltung von Widerständen	13
1.5.3 Die Wheatstonesche Brücke	15
1.5.4 Serien- und Parallelschaltung von Kondensatoren	17
1.5.5 Systematische Analyse komplizierter Netzwerke	18
1.6 Schaltbilder werden durchschaubar; Ersatzschaltbilder	19
1.7 Zeitverhalten	23
1.7.1 Serienschaltung von Widerstand und Kondensator	23
1.7.2 Der Spannungsteiler mit Streukapazität	27
1.7.3 Sinusförmige Wechselspannungen	28
1.7.4 Sinusschwingungen im <i>RC</i> -Glied	30
1.7.5 Frequenzanalyse	32
1.7.6 Filterung	33
1.7.6.1 Tiefpaß	33
1.7.6.2 Hochpaß	34
1.7.6.3 Das Doppel-T-Glied	35
1.7.7 Beispiele von Signalverzerrung in verschiedenen Filtern	36
1.7.7.1 Der Hochpaß als Differenzierer	36
1.7.7.2 Der Tiefpaß als Integrierer	37
1.7.7.3 Filterung bei biologischen Messungen	37
Übungsaufgaben zu Kapitel 1	39

<b>2. Die Meßkette</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Verknüpfung von Geräten</b>	<b>42</b>
<b>2.2 Der Vorverstärker</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1 Der ideale Vorverstärker</b>	<b>43</b>
<b>2.2.2 Der reale Vorverstärker</b>	<b>46</b>
<b>2.3 Elektrophysiologische Ableitungen, Elektroden</b>	<b>46</b>
<b>2.3.1 Differentiell oder unipolar messen?</b>	<b>47</b>
<b>2.3.2 Elektroden und ihre Ersatzschaltbilder</b>	<b>49</b>
<b>2.3.3 Störeinflüsse</b>	<b>53</b>
<b>2.3.4 Frequenzantwort des Eingangskreises, Kapazitätsneutralisation</b>	<b>55</b>
<b>2.3.5 Testschaltungen am Eingangskreis</b>	<b>58</b>
<b>2.3.6 Brückenabgleich</b>	<b>61</b>
<b>2.3.7 AC-gekoppelter Verstärker</b>	<b>63</b>
<b>2.4 Ionensensitive Elektroden</b>	<b>64</b>
<b>2.4.1 pH-Elektroden</b>	<b>65</b>
<b>2.4.2 Kationensensitive Elektroden</b>	<b>66</b>
<b>2.4.3 Ionensensitive Mikroelektroden</b>	<b>67</b>
<b>2.4.4 Elektroden für Partialdrucke von Gasen</b>	<b>67</b>
<b>2.4.5 Meßverstärker für ionensensitive Elektroden</b>	<b>67</b>
<b>2.5 Meßwertwandler</b>	<b>68</b>
<b>2.5.1 Temperaturfühler</b>	<b>68</b>
<b>2.5.2 Photosensoren</b>	<b>70</b>
<b>2.5.3 Druck-, Dehnungsaufnehmer</b>	<b>72</b>
<b>2.6 Zwischenverstärker</b>	<b>73</b>
<b>2.6.1 Filterung</b>	<b>73</b>
<b>2.6.2 Offsetspannung, Brückenverstärker</b>	<b>73</b>
<b>2.6.3 Lock-in-Verstärker</b>	<b>74</b>
<b>2.7 Darstellung und Aufzeichnung</b>	<b>74</b>
<b>2.7.1 Der Oszilloskop</b>	<b>74</b>
<b>2.7.2 Das Zeigerinstrument</b>	<b>77</b>
<b>2.7.3 Papierschreiber</b>	<b>78</b>
<b>2.7.4 Magnetbandgeräte</b>	<b>78</b>
<b>2.8 Elimination von Störeinflüssen</b>	<b>79</b>
<b>2.8.1 Netzeinstreuung</b>	<b>79</b>
<b>2.8.1.1 Elektrostatische Einstreuung</b>	<b>79</b>
<b>2.8.1.2 Induktive Einstreuung</b>	<b>80</b>
<b>2.8.2 Radiofrequenzeinstreuung</b>	<b>81</b>
<b>2.8.3 Abschirmung und Erdung</b>	<b>82</b>
<b>Übungsaufgaben zu Kapitel 2</b>	<b>83</b>
<b>3. Operationsverstärker</b>	<b>85</b>

<b>3.1 Rückkopplung</b>	<b>85</b>
3.1.1 Negative Rückkopplung	85
3.1.2 Frequenzverhalten von Rückkopplungsschaltungen	88
<b>3.2 Rückkopplungsschaltungen</b>	<b>91</b>
3.2.1 Der Invertierer	91
3.2.2 Der Stromverstärker	93
3.2.3 Der Summierer	95
3.2.4 Der Differenzierer	95
3.2.5 Der Integrierer	96
3.2.6 Aktiver Tief- bzw. Hochpaß	96
3.2.7 Die Folgerschaltung	97
3.2.8 Differenzschaltungen	98
3.2.9 Stromproportionale Rückkopplung	100
3.2.10 Weitere Rückkopplungsschaltungen	101
<b>3.3 Technische Ausführung von Operationsverstärkern</b>	<b>101</b>
3.3.1 Verstärkerfehler	102
3.3.1.1 Fehler des Eingangskreises	102
3.3.1.2 Fehler des Ausgangskreises	103
3.3.2 Klassifizierung und Auswahl von Operationsverstärkern	104
3.3.2.1 Klassifizierung nach Eingangsparametern	104
3.3.2.2 Klassifizierung nach Ausgangsparametern	105
3.3.3 Das Lesen von Datenblättern	107
<b>3.4 Datenverstärker, Trennverstärker</b>	<b>107</b>
<b>3.5 Fehlersuche bei Verstärkerschaltungen</b>	<b>108</b>
3.5.1 Der Verstärker schwingt	108
3.5.2 Der Verstärker geht in Sättigung	109
Übungsaufgaben zu Kapitel 3	110
<b>4. Anwendungsbeispiele</b>	<b>112</b>
<b>4.1 Die Folgerschaltung als Vorverstärker für hochohmige Eingangssignale</b>	<b>112</b>
4.1.1 Anforderungen an einen Vorverstärker für elektrophysiologische Messungen	112
4.1.2 Schaltung	113
4.1.3 Auslegung der Schaltung	114
4.1.4 Testprozeduren	116
4.1.5 Alternativschaltung zur Stromeinspeisung	117
<b>4.2 Brückenmessung mit einem Datenverstärker (Instrumentenverstärker)</b>	<b>119</b>
4.2.1 Anforderungen an einen Datenverstärker zur Blutdruckmessung	119
4.2.2 Schaltung	120
4.2.3 Auslegung der Schaltung und Fehlerabschätzung	121
4.2.4 Daten- und Trennverstärker für medizinische Anwendungen	122
<b>4.3 Strommessung mit einer Invertiererschaltung</b>	<b>123</b>

4.3.1 Schaltung	124
4.3.2 Fehlerabschätzung	124
4.3.3 Strommessung im pA-Bereich	126
4.3.4 Strommessung unter gleichzeitiger Vorgabe einer Spannung	127
<b>4.4 Geregelte Stromquelle; Mikroelektroden-Iontophorese</b>	<b>128</b>
4.4.1 Anforderungen an eine Stromquelle zur Iontophorese	128
4.4.2 Schaltung	128
4.4.3 Verhalten der Schaltung	130
4.4.4 Auslegung der Schaltung	131
<b>4.5 Widerstandsthermometer</b>	<b>131</b>
4.5.1 Schaltung	132
4.5.2 Der Temperaturfühler	133
4.5.3 Eichung	134
Übungsaufgaben zu Kapitel 4	135
<b>Lösungen zu den Übungsaufgaben</b>	<b>136</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>145</b>
<b>Kurzes Verzeichnis englischer Fachausdrücke</b>	<b>147</b>
<b>Sachregister</b>	<b>150</b>