

Inhaltsverzeichnis

I Repetitorium Elektrotechnik mit Übungen

1	Elektrotechnische Grundlagen (Auswahl)	1
1.1	Definition elektrischer Grundgrößen	1
1.2	Stromkreis	2
1.3	Messen von Gleichströmen und Gleichspannungen	2
1.4	Eigenschaften von Bauelementen und grundlegende Stromkreisgesetze	3
1.5	Widerstände mit physikalischen Abhängigkeiten	4
	– Temperatur	4
	– Kraft	5
	– Magnetismus	5
	– Licht	5
1.6	Beschreibungsmittel und Kenngrößen von Spannungen (Strömen)	6
1.7	Mittelwerte periodischer Größen	7
1.8	Komplexe Rechnung für Wechselstromtechnik	8
1.9	Drehstromsystem	9
1.10	Transformator	10
	– Einphasen-Kerntransformator	10
	– Gesetze des idealen Transformators	10
1.11	Grundsaltungen mit Formelsammlung	11
1.12	Übungsaufgaben	17

II Einführung in die Elektronik

2	Grundbegriffe der Halbleitertechnik	22
2.1	Elektrische Leitfähigkeit der Materialien	22
2.2	Störstellenleitung der Halbleiter	22
2.3	Eigenleitung der Halbleiter	24
2.4	Halleffekt als Nachweis für Elektronen- und Löcherleitung	25
2.5	Eigenschaften des pn-Übergangs der Halbleiter	26
2.6	Eigenschaften von Halbleiter-Kanälen	29
2.7	Übungsaufgaben	31
3	Halbleiterdiode als nichtlinearer Widerstand	32
3.1	I - U -Kennlinie der Halbleiterdiode	32
3.2	Arbeiten mit Kennlinien	34
	3.2.1 I - U -Kennlinien	34
	3.2.2 Übertragungs-Kennlinien	35
3.3	Begrenzerschaltungen mit Dioden	36
3.4	Übungsaufgaben	37

III Grundsaltungen der Elektronik

4	Spannungsstabilisierung mit Z-Diode	39
4.1	Aufgabe einer Spannungsstabilisierung	39
4.2	Z-Diode als Stabilisierungselement.....	40
4.3	Analyse der Z-Dioden-Konstantspannungsschaltung	42
4.3.1	Leerlauffall.....	42
4.3.2	Belastungsfall.....	44
4.4	Übungsaufgaben	47
5	Konstantstromschaltung mit JFET	49
5.1	Aufgabe einer Konstantstromschaltung	49
5.2	Feldeffekttransistor (JFET) als Konstantstromelement.....	51
5.3	Analyse der JFET-Konstantstromschaltung	53
5.4	Übungsaufgaben	56
6	Transistor als Schalter	57
6.1	Übersicht über grundlegende Transistortypen	57
6.2	Kennlinien und Kennwerte der Bipolartransistoren.....	58
6.2.1	Schichtenaufbau, Anschlüsse, Polung	58
6.2.2	Messschaltung.....	59
6.2.3	Kennlinien	59
6.3	Kennlinien und Kennwerte der Feldeffekttransistoren	62
6.3.1	Kanalstruktur, Anschlüsse, Polung.....	62
6.3.2	Messschaltung.....	63
6.3.3	Kennlinien	63
6.4	Grenzdaten.....	64
6.4.1	Spannungsgrenzwerte	64
6.4.2	Stromgrenzwerte	65
6.4.3	Temperatur- und Leistungsgrenzwerte	65
6.4.4	Sicherer Arbeitsbereich (SOA = Safe Operating Area).....	68
6.5	Grundbegriffe der Schaltverstärker	69
6.5.1	Schaltzustände des Transistors	69
6.5.2	Übersteuerung	70
6.5.3	Schaltzeiten	71
6.5.4	Berechnungsgang für den Schaltverstärker	72
6.6	Schalten mit Leistungstransistoren.....	74
6.6.1	Eigenschaften von Leistungs-MOSFETs.....	74
6.6.2	Ansteuern von Leistungs-MOSFETs.....	75
6.6.3	High-Side und Low-Side-Schalter	77
6.6.4	Periodisches Schalten von induktiven Lasten in Gleichstromkreisen	78
6.7	CMOS-Inverter als Schalter	80
6.7.1	Schaltungsprinzip eines CMOS-Inverters	80
6.7.2	Betriebsspannung, Pegel, Belastbarkeit.....	81
6.8	Schalten mit Optokoppler.....	82
6.9	Übungsaufgaben	83

7	Transistor als Verstärker	86
7.1	Grundbegriffe der Verstärkertechnik	86
7.1.1	Vierpoldarstellung des Verstärkers	86
7.1.2	Kennwerte des Verstärkers	87
7.2	Arbeitspunkteinstellung	88
7.2.1	Kollektorruhestrom	88
7.2.2	Arbeitswiderstand	89
7.2.3	Arbeitspunkt	91
7.3	Verstärkungsvorgang im Kennlinienfeld	91
7.4	Ermittlung der Verstärkerkennwerte	93
7.4.1	Messen der Leerlauf-Spannungsverstärkung	93
7.4.2	Messen des Wechselstrom-Eingangswiderstandes	93
7.4.3	Messen des Wechselstrom-Ausgangswiderstandes	94
7.4.4	Rechnerische Ermittlung der Verstärkerkennwerte	94
7.5	Frequenzgang	95
7.5.1	Untere Grenzfrequenz	95
7.5.2	Obere Grenzfrequenz	96
7.6	Verstärker-Grundsaltungen	98
7.7	Übungsaufgaben	99
8	Operationsverstärker und Grundsaltungen	100
8.1	Übersicht	100
8.2	Eigenschaften eines Standard-Operationsverstärkers	101
8.2.1	Der invertierende und nichtinvertierende Eingang	101
8.2.2	Aussteuerungsgrenzen der Ausgangsspannung	101
8.2.3	Aussteuerungsgrenzen des Ausgangsstromes	102
8.2.4	Differenzverstärkung und Gleichtaktverstärkung	102
8.2.5	Gleichtaktunterdrückung	102
8.2.6	Ausgangsspannung	103
8.2.7	Eingangswiderstand	103
8.2.8	Ausgangswiderstand	103
8.2.9	Frequenzgang	103
8.2.10	Slew Rate	104
8.2.11	Datenblatt des Standard-Operationsverstärkers	104
8.3	Operationsverstärker als linearer Verstärker	105
8.3.1	Gegenkopplungsprinzip	105
8.3.2	Rechenregeln für gegengekoppelte Operationsverstärker	107
8.3.3	Invertierender Verstärker	108
8.3.4	Nichtinvertierender Verstärker	113
8.4	Operationsverstärker als Schalter	118
8.4.1	Komparator	118
8.4.2	Invertierender Schmitt-Trigger	119
8.4.3	Nichtinvertierender Schmitt-Trigger	122
8.5	Übungsaufgaben	124

9	Analoge Signalverarbeitung	126
9.1	Addierer	126
9.1.1	Grundschialtung des Umkehraddierers	126
9.1.2	Prinzip der Digital-Analog-Umsetzung mit Umkehraddierer	128
9.2	Subtrahierer	129
9.2.1	Grundschialtung mit 1 Operationsverstärker	129
9.2.2	Variante mit 2 Operationsverstärkern	133
9.2.3	Instrumentenverstärker (Subtrahierer mit 3 OpV)	134
9.3	Integrierer	135
9.3.1	Grundschialtung	135
9.3.2	Betriebsarten eines Integrators	136
9.3.3	Integratoranwendungen	137
9.4	Mittelwertbildener	140
9.5	Multiplizierer	142
9.5.1	Multiplizieren	142
9.5.2	Dividieren	143
9.6	Leistungsverstärker	144
9.6.1	Komplementärendstufe im B-Betrieb	144
9.6.2	Komplementärendstufe im AB-Betrieb	145
9.6.3	Gegentaktendstufe als Nachsetzverstärker für Operationsverstärker	146
9.6.4	Leistungs-Operationsverstärker	147
9.7	Trennverstärker	148
9.7.1	Einsatzgebiete für Trennverstärker	148
9.7.2	Prinzipien der Trennverstärker	148
9.7.3	Kennwerte der Trennverstärker	151
9.7.4	Beschaltung von Trennverstärkern	151
9.8	Übungsaufgaben	152
10	Schwingungserzeugung	155
10.1	Rechteckgeneratoren	155
10.1.1	Astabile Kippschaltung mit Operationsverstärker	155
10.1.2	Rechteckgenerator mit Timer	157
10.2	Funktionsgenerator	159
10.3	Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)	162
10.4	Phase-Locked-Loop PLL	163
10.4.1	Nachlaufsynchronisation	163
10.4.2	Aufbau eines PLL-Regelkreises	163
10.4.3	Integrierter PLL-Baustein	167
10.5	Sinus-Oszillatoren	168
10.6	Übungsaufgaben	171

IV Leistungselektronik

11 Gleichrichtung	174
11.1 Mischspannung	174
11.2 Gleichrichterschaltungen im Leerlaufbetrieb	178
11.2.1 Mittelpunktschaltungen	178
11.2.2 Brückenschaltungen	179
11.3 Spannungsglättung	183
11.4 Stromglättung	187
11.5 Berechnung von Gleichrichterschaltungen mit Stromglättung	189
11.5.1 Sekundärspannung U_2	189
11.5.2 Sekundärstrom I_2	190
11.5.3 Primärstrom I_1	191
11.5.4 Typenleistung des Transformators S_{Tr}	192
11.5.5 Zusammenstellung der Berechnungsgrundlagen	193
11.6 Übungsaufgaben	194
12 Leistungssteuerung mit Thyristoren, Triacs, IGBTs und IGCTs	196
12.1 Thyristor als steuerbarer Schalter	196
12.2 Steuersatz	200
12.3 Thermische Eigenschaften von Thyristoren	202
12.4 Triac als bidirektionaler Thyristor	205
12.5 Wechselstromsteller (Phasenanschnittsteuerung)	207
12.6 Wechselstromschalter (Periodengruppensteuerung)	209
12.7 Gesteuerte Drehstrombrücke mit Gleichstrommotor als Last	211
12.7.1 Gleichrichter- und Wechselrichterbetrieb	211
12.7.2 Ausgangsgleichspannung der Drehstrombrücke, ideelle Gleichspannung	213
12.7.3 Drehzahlverstellung durch Ansteuerung der Drehstrombrücke	214
12.7.4 Pulsierender Gleichstrom der Drehstrombrücke, ideeller Gleichstrom	215
12.7.5 Betriebsarten des Stromrichterantriebs im n - M -Betriebsdiagramm	218
12.8 Frequenzumrichter mit Drehstrom-Asynchronmotor als Last	221
12.8.1 Schaltungs- und Funktionsprinzip des Frequenzumrichters	221
12.8.2 Drehstrom-Asynchronmotor als Motorlast für den Frequenzumrichter	224
12.8.3 Drehzahlsteuerung des Asynchronmotors mit dem Frequenzumrichter	229
12.9 Eigenschaften und Schaltverhalten der Leistungshalbleiter	237
12.9.1 Freilauf-/Rückspeisedioden	237
12.9.2 Insulated Gate Bipolar Transistor: IGBT	238
12.9.3 Integrated Gate Commutated Thyristor: IGCT	242
12.10 Übungsaufgaben	245
13 Stabilisierte Stromversorgung	250
13.1 Kenngrößen einer Stabilisierungsschaltung	250
13.2 Einfache Serienstabilisierung	253
13.3 Lineare Spannungsregler	255
13.3.1 Spannungsreglerprinzip	256
13.3.2 Prinzip der Strombegrenzung	257

13.3.3 Integrierte lineare Spannungsregler	258
13.4 DC/DC-Wandler	260
13.4.1 Abwärtswandler (Tiefsetzsteller).....	261
13.4.2 Aufwärtswandler (Hochsetzsteller)	265
13.4.3 Invertierender Wandler	266
13.5 Schaltnetzteile.....	267
13.5.1 Schaltnetzteil, gesteuerter Betrieb	267
13.5.2 Schaltnetzteil, geregelter Betrieb.....	269
13.6 Übungsaufgaben	271

V Digitaltechnik und Digitalisierung

14 Grundlagen der digitalen Schaltungstechnik	275
14.1 Begriffe: digital, binär, positive Logik, Bit, Byte	275
14.2 Abgrenzung zwischen Analog- und Digitalschaltungen.....	275
14.3 Schaltnetze.....	276
14.3.1 Logische Funktionen und Grundverknüpfungen	276
14.3.2 Abgeleitete Grundfunktionen.....	277
14.3.3 Disjunktive Normalform für beliebige Schaltnetze	279
14.3.4 Vereinfachung einer redundanten Schaltfunktion	280
14.3.5 Schaltungsumwandlung, De Morgan'sche Regeln.....	281
14.4 Schaltwerke	282
14.4.1 Monostabile Kippstufe	282
14.4.2 Bistabile Kippstufen (Flipflops)	286
14.4.3 Zähler	291
14.4.4 Schieberegister	300
14.5 Abhängigkeitsnotation.....	301
14.6 Übungsaufgaben	302
15 Grundlagen der Digitalisierung	306
15.1 Grundsätzliches zu Datenerfassungssystemen (Messketten).....	306
15.2 Grundbegriffe der Abtast- und Quantisierungstheorie.....	308
15.3 Verfahren der Analog-Digital-Umsetzung	311
15.3.1 Flash-Umsetzer	311
15.3.2 Sukzessive-Approximations-Umsetzer.....	312
15.3.3 Dual-Slope-Umsetzer.....	313
15.3.4 Beschaltung und Abgleich eines Analog-Digital-Umsetzers	314
15.4 Grundsätzliches zu Datenausgabesystemen	317
15.5 Verfahren der Digital-Analog-Umsetzung.....	318
15.5.1 Digital-Analog-Umsetzer mit dual gestuften Widerständen	318
15.5.2 Digital-Analog-Umsetzer mit R - $2R$ -Netzwerk	319
15.5.3 Beschaltung und Abgleich eines DA-Umsetzers.....	320
15.6 Übungsaufgaben	322
Lösungen der Übungen	325
Sachwortverzeichnis	362